

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
FAKULTA STROJNÍ  
KATEDRA ENERGETIKY

**SYSTÉM VYTÁPĚNÍ A OHŘEVU TEPLÉ VODY PRO RODINNÝ DŮM  
S VYUŽITÍM TERMOSOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ A TEPELNÉHO  
ČERPADLA**

**SYSTEM OF HEATING AND HOT WATER PREPARATION FOR  
FAMILY HOUSE WITH THERMOSOLAR COLLECTORS AND HEAT  
PUMP UTILIZATION**

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph. D.

Student: Vít Rogelböck

Ostrava 2011

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Vít Rogelböck**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2302T006 Energetické stroje a zařízení

Téma: **Systém vytápění a ohřevu teplé vody pro rodinný dům s využitím termosolárních kolektorů a tepelného čerpadla**  
**System of Heating and Hot Water Preparation for Family House with Thermosolar Collectors and Heat Pump Utilization**

### Zásady pro vypracování:

Navrhněte systém vytápění a ohřevu teplé vody pro rodinný dům využívající tepelné čerpadlo a termosolární kolektory.

Diplomová práce bude obsahovat:

1. Výpočet sezónní potřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé vody.
2. Kapacitní a bilanční výpočty s využitím databáze Meteonorm.
3. Zapojení TČ a solárního systému do stávajících rozvodů
4. Stanovení environmentálního přínosu projektu a ekonomické vyhodnocení.

Grafické práce: Schéma systému vytápění a přípravy teplé vody, Dispoziční uspořádání v rámci objektu

### Seznam doporučené odborné literatury:

KAMINSKÝ, J.; VRTEK, M. Obnovitelné zdroje energie. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 1998. 102 s. ISBN 80–7078–445–8.

HUMM, O. Nízkoenergetické domy. Praha : Grada, 1999. 353 s. ISBN 80–7169–657–9.

TURNER, W., C. Energy Management Handbook. 3. vyd. Lilburn : The Fairmont Press, Inc., 1997. 400 s. ISBN: 0–13–728098–X.

SMOLÍK, J. Technika prostředí. Praha : SNTL/ALFA, 1985. 317 s.

DVOŘÁK Z., KLAZAR L., PETRÁK J. Tepelná čerpadla. Vyd. 1. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. 339 s.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



  
prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

Jméno a příjmení autora práce:

Vít Rogelböck

.....

podpis

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Michálkovická 220

Slezská Ostrava

710 00

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ROGELBÖCK, Vít. *Systém vytápění a ohřevu teplé vody pro rodinný dům s využitím termosolárních kolektorů a tepelného čerpadla*: Diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2011. 51 s.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph. D.

Tato diplomová práce se zabývá návrhem systému vytápění a ohřevem teplé užitkové vody termosolárními kolektory a tepelným čerpadlem typu vzduch – voda v určeném rodinném domě. Úvod diplomové práce je věnován všeobecnému popisu funkce termosolárních kolektorů a tepelných čerpadel. V dalších částech diplomové práce je zpracován výpočet tepelných ztrát rodinného domu, výpočet množství teplé užitkové vody, které je možné získat z navržených solárních kolektorů a dále je vypočítán potřebný výkon tepelného čerpadla. V poslední části této diplomové práce je zpracována kombinace solárního okruhu s tepelným čerpadlem tak, aby provoz celého systému byl co nejefektivnější. Pro výpočty jsou mimo jiné použity zejména normy ČSN 060210, ČSN 730540-3 rok vydání 2005 a také databáze Meteonorm pro danou oblast, ve které se rodinný dům nachází.

**Klíčová slova:** tepelná ztráta domu, ohřev teplé užitkové vody, solární kolektory, vytápění, tepelné čerpadlo

## ANOTATION OF THESIS

ROGELBÖCK, Vít. *System of Heating and Hot Water Preparation for Family House with Thermosolar Collectors and Heat Pump Utilization*: Diploma thesis. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power engineering, 2011. 51 pages.

Head of Thesis: doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph. D.

This diploma thesis deals with the system design of heating and the process of hot water preparation by means of solar thermal collectors and an air-water heat pump in a given house. The introduction gives a general description of solar thermal collectors and heat pumps utilization. In the followings part of the thesis is carried out a calculation of heat loss in a house, and a calculation of an amount of warm non-potable water which is possible to gain from suggested solar thermal collectors, and further is calculated the necessary performance of a heat pump. The final part of the thesis describes the combination of a solar circuit and a heat pump so that the operation of the whole system is as efficient as possible. For the calculations were mainly used Standards ČSN 060210, ČSN 730540-3 issued in 2005 and the Meteonorm database for the area in which the house is situated.

**Keywords:** heating, hot water preparation, solar collectors, heat pump, heat loss in a house

## Obsah

<b>Seznam symbolů a značek .....</b>	<b>7</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>9</b>
<b>1. Teoretický rozbor .....</b>	<b>10</b>
1.1. Popis slunečního záření .....	10
1.2. Obecný popis solárních kolektorů.....	12
1.3. Obecný popis tepelných čerpadel.....	16
1.4. Popis topných systémů tepelných čerpadel.....	18
<b>2. Výpočet ztráty tepla, popis řešení.....</b>	<b>23</b>
2.1. Informace o objektu .....	23
2.2. Tepelná ztráta domu - popis .....	24
2.3. Výpočet .....	24
2.4. Výpočet ložnice.....	25
2.5. Celkové výsledky ztrát prostupem tepla .....	29
<b>3. Výpočet příkonu solárního záření, popis řešení .....</b>	<b>30</b>
3.1. Popis výpočtu .....	30
3.2. Výpočet .....	31
3.3. Schéma navrženého solárního okruhu.....	33
3.4. Celkové výsledky výpočtu solárního systému .....	33
3.5. Ekonomická návratnost solárního systému pro ohřev TUV .....	34
<b>4. Výpočet příkonu tepelného čerpadla, popis řešení .....</b>	<b>36</b>
4.1. Popis výpočtu .....	36
4.2. Výpočet .....	37
4.3. Schéma navrženého okruhu tepelného čerpadla .....	40
4.4. Celkové výsledky výpočtu příkonu tepelného čerpadla.....	40
4.5. Ekonomická návratnost tepelného čerpadla .....	41
<b>5. Vytápění a ohřev TUV tepelným čerpadlem s podporou solárních kolektorů.....</b>	<b>43</b>
5.1. Výpočet kombinace tepelného čerpadla se solárními kolektory .....	43
5.2. Ekonomická návratnost tepelného čerpadla s podporou vytápění a ohřevu TUV solárními kolektory .....	44
<b>6. Environmentální zhodnocení .....</b>	<b>46</b>
<b>7. Závěr.....</b>	<b>48</b>
<b>8. Seznam použité literatury .....</b>	<b>50</b>
<b>9. Seznam příloh .....</b>	<b>51</b>

## Seznam symbolů a značek

Značka	Rozměr	Veličina
A	$[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$	Redukovaná teplota
B	$[-]$	Charakteristické číslo budovy
D	$[\text{m}]$	Délka místnosti
$G_{\text{Bn}}$	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$	Přímé sluneční záření ve směru normály
$G_{\text{Dh}}$	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$	Difúzní sluneční záření
$G_{\text{Dk}}$	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$	Difúzní sluneční záření na zadanou plochu
$G_{\text{Gk}}$	$[\text{Wh} \cdot \text{m}^{-2}]$	Globální sluneční záření na zadanou plochu
M	$[-]$	Charakteristické číslo místnosti
$P_{\text{OV}}$	$[\text{W}]$	Výkon pro odmrazování výparníku tepelného čerpadla
Q	$[\text{W}]$	Tepelný výkon tepelného čerpadla
$Q_{\text{C}}$	$[\text{W}]$	Celková tepelná ztráta prostupem tepla
$Q_{\text{CD}}$	$[\text{W}]$	Celková tepelná ztráta domu prostupem tepla
$Q_{\text{JTUV}}$	$[\text{W}]$	Výkon pro ohřev TUV jiným způsobem než TČ
$Q_{\text{O}}$	$[\text{W}]$	Tepelná ztráta prostupem tepla obvodovou zdí
$Q_{\text{OD}}$	$[\text{W}]$	Tepelná ztráta prostupem tepla okny
$Q_{\text{OV}}$	$[\text{W}]$	Tepelný výkon tepelného čerpadla s odmrazováním výparníku
$Q_{\text{p}}$	$[\text{W}]$	Průměrný prostup tepla domu
$Q_{\text{P}}$	$[\text{W}]$	Tepelná ztráta prostupem tepla podlahou
$Q_{\text{S}}$	$[\text{W}]$	Tepelná ztráta prostupem tepla stěnou
$Q_{\text{TUV}}$	$[\text{W}]$	Výkon pro ohřev TUV
$Q_{\text{V}}$	$[\text{W}]$	Tepelná ztráta větráním
$Q_{\text{Z}}$	$[\text{W}]$	Celkový tepelný zisk domu
S	$[\text{m}^2]$	Plocha místnosti
$S_{\text{O}}$	$[\text{m}^2]$	Plocha obvodové zdi
$S_{\text{OD}}$	$[\text{m}^2]$	Plocha oken a dveří
$S_{\text{p}}$	$[\text{m}^2]$	Plocha podlahy
$S_{\text{S}}$	$[\text{m}^2]$	Plocha stěny
Š	$[\text{m}]$	Šířka místnosti
$\text{Š}_{\text{O}}$	$[\text{m}]$	Šířka okna
$T_{\text{a}}$	$[\text{°C}]$	Teplota venkovního vzduchu
TČ		Tepelné čerpadlo



Vít Rogelböck		Diplomová práce
TUV	[-]	Teplá voda
T <sub>SV</sub>	[°C]	Teplota studené vody ve vodovodu
V	[m]	Výška místnosti
V <sub>O</sub>	[m]	Výška okna
V <sub>OB</sub>	[m <sup>3</sup> ]	Objem místnosti
V <sub>uH</sub>	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Objem vzduchu při nuceném větrání
a <sub>1a</sub>	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Lineární součinitel solárního kolektoru
c <sub>VODY</sub>	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Měrná tepelná kapacita vody
h <sub>SL</sub>	[h]	Počet slunečních hodin
i <sub>LV</sub>	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> .Pa <sup>-0,67</sup> ]	Součinitel spárové průvzdušnosti
int q	[Wh.m <sup>-2</sup> ]	Množství záření v čase
k	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Součinitel prostupu tepla
k <sub>c</sub>	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Průměrný součinitel prostupu tepla
k <sub>o</sub>	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Součinitel prostupu tepla okna
k <sub>TC</sub>	[-]	Koeficient chodu tepelného čerpadla
l	[m]	Tloušťka materiálu
m <sub>TUV</sub>	[l]	Množství teplé užitkové vody
p <sub>1</sub>	[-]	Přirážka vlivu chladných konstrukcí
p <sub>2</sub>	[-]	Přirážka na urychlení zátoku
p <sub>3</sub>	[-]	Přirážka na světovou stranu
q	[W.m <sup>-2</sup> ]	Teplený tok kolektorem
t <sub>1</sub>	[°C]	Průměrná teplota studené vody ve vodovodu
t <sub>2</sub>	[°C]	Výstupní teplota ohřáté vody ze systému
t <sub>e</sub>	[°C]	Teplota exteriéru
t <sub>i</sub>	[°C]	Teplota interiéru
t <sub>p</sub>	[°C]	Teplota půdního prostoru
t <sub>S</sub>	[°C]	Střední teplota absorberu
t <sub>z</sub>	[°C]	Teplota zeminy
α <sub>e</sub>	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Součinitel přestupu tepla exteriéru
α <sub>i</sub>	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Součinitel přestupu tepla interiéru
η <sub>0a</sub>	[%]	Optická účinnost solárního kolektoru
η <sub>k</sub>	[%]	Účinnost solárního kolektoru
η <sub>real</sub>	[%]	Reálná účinnost solárního kolektoru
λ	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Součinitel tepelné vodivosti

## Úvod

V současné době stále více zesiluje tlak na využívání obnovitelných zdrojů energie v mnoha odvětvích průmyslu. Tento trend je dán zvyšujícími se cenami primárních zdrojů energie a tlakem na snižování a tvorbu emisí, který je podporován nejenom legislativou České Republiky, ale také Evropskou unií. Svůj podíl na současném stavu rozvoje a aplikaci obnovitelných zdrojů energie v praxi má také ekonomický charakter – snižování provozních nákladů, např. na vytápění objektů a přípravu teplé užitkové vody.

K obnovitelným zdrojům energie patří např. také Slunce, které je z našeho pohledu nevyčerpatelný zdroj energie. Energie Slunce, největší hvězdy v naší Sluneční soustavě, vzniká z termionukleární přeměny vodíku v helium a její množství je tak obrovské, že ač naše planeta Země zachytí pouze necelé 2 miliardtiny slunečního energetického toku, dopadá na hranici atmosféry cca  $1360 \text{ W/m}^2$ . Toto zdánlivě malé množství energie se před dopadem na povrch Země zmenší o část, která je vyzářena zpět do vesmíru, a o část záření, která se zachytí (vstřebá) při průchodu zemskou atmosférou. Na zemský povrch tak dopadá cca  $1000 \text{ W/m}^2$ . Je logické a nanejvýš vhodné, abychom se snažili tuto energii využít a uměli ji aplikovat a využít na získávání tepla nebo elektrické energie.

Využití Slunce jako zdroje energie pro přípravu teplé užitkové vody a vytápění objektu má v současné době stále větší potenciál využití, a to zejména s ohledem na rozvoj technologií, materiálů a pokročilé znalosti dimenzování soustavy vytápění a přípravy teplé užitkové vody.

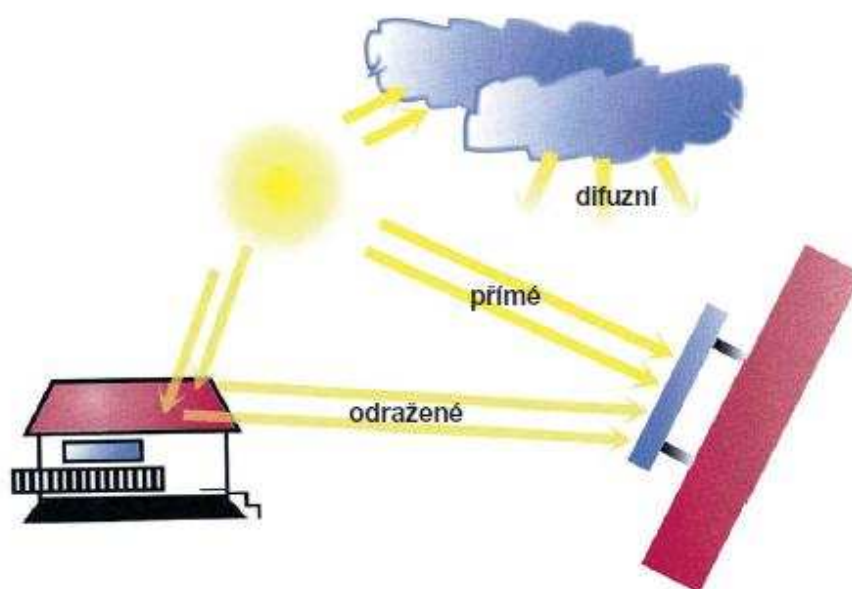
Klasický způsob vytápění a přípravy teplé užitkové vody v kotlích na tuhá paliva, plynových kotlích nebo elektrokotlích je v mnoha případech na ústupu a nahrazují jej systémem s termosolárními kolektory v kombinaci s tepelnými čerpadly.

Tepelná čerpadla také řadíme do skupiny strojů, které získávají energii z obnovitelných zdrojů. Toto zařazení vychází z faktu, že získáváme 100% potřebné tepelné energie při spotřebovávání cca 30% energie elektrické při využívání moderních technologií a platných fyzikálních zákonů.

## 1. Teoretický rozbor

### 1.1. Popis slunečního záření

Při dopadu slunečního záření na zemský povrch dochází k jeho rozptylu vlivem prachových částic obsažených ve vzduchu. Dále dochází k odrazu slunečního záření při dopadu na různé překážky a předměty. Jen ta část slunečního záření, které dopadne přímo na zemský povrch se nazývá přímé sluneční záření. Přímé sluneční záření je záření směrové a jeho největší intenzita je ve směru slunečních paprsků. Odražená a rozptýlená část slunečního záření se nazývá difúzní záření.



Sluneční záření - rozdělení obr. 1.1.1.

Množství dopadajícího slunečního záření na zemský povrch je závislé především na:

- umístění lokality na zemském povrchu (= v ČR je intenzita slunečního záření nižší než v tropických oblastech)



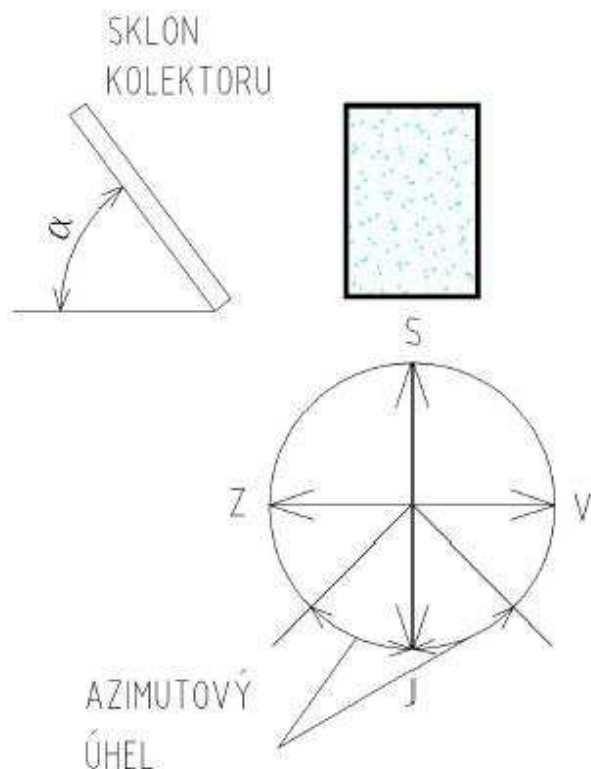
Hodnoty slunečního záření v ČR obr. 1.1.2.

- umístění lokality vzhledem k okolí (= v horských oblastech je intenzita slunečního záření vyšší než v městských nebo průmyslových oblastech) a v závislosti na meteorologických podmínkách



Sluneční záření - hodnoty obr. 1.1.3.

- orientace plochy, na kterou má sluneční záření působit
- sklon plochy, na kterou má sluneční záření působit



Sklon a azimutový úhel kolektoru obr. 1.1.4.

## 1.2. Obecný popis solárních kolektorů

Termosolární, nebo také jiným názvem fototermální kolektory, jsou zkonstruovány za účelem využívání energie slunečního záření, kterou transformují na energii tepelnou. Tato tepelná energie je využívána pro ohřev teplé užitkové vody, vody v rekreačních bazénech a nebo pro podporu vytápění objektů (akumulace teplé vody v zásobnících). Solární kolektory jsou montovány na nosné konstrukce, které je možné uchytit do střechy, na šikmou i plochou střechu nebo volně na zem.

V současné době existuje mnoho typů solárních kolektorů, které se liší zejména podle vhodnosti způsobu jejich využití. Rozdělení kolektorů podle konstrukce absorberu můžeme provést do tří základních skupin:

1. Bazénové kolektory: Jedná se o nejjednodušší typ solárních kolektorů, u kterého je hlavní částí plastová rohož bez zasklení (= plastový absorbér). Tento typ kolektoru se používá, jak již jeho název napovídá, k ohřevu vody v rekreačních bazénech o nízké teplotní úrovni.



Bazénový kolektor obr. 1.2.1.

2. Deskový kolektor: U tohoto typu solárního kolektoru je absorbér tvořen měděným plechem se speciální povrchovou úpravou a s registrem měděných trubek. Absorbér je shora krytý transparentním tvrzeným solárním sklem a zespod je izolován tepelnou izolací, např. minerální vatou. Tento typ kolektoru je určen pro ohřev TUV po celý rok.



Deskový kolektor obr. 1.2.2.

3. Trubicový vakuový kolektor: Je tvořen skleněnou trubicí s vakuem a absorpční vrstvou mezi skly, která je umístěná na měděné trubici s teplotonosnou látkou. Pro dokonalejší odvod tepla je do skleněné trubice vložen měděný nebo hliníkový plech. Trubice jsou shora spojeny do společného sběrače, přes který se odvádí teplo získané ze slunečního záření. Vakuové trubice se mohou umístit do parabolických zrcadel z leštěného kovového plechu, který zaručuje odraz slunečních paprsků do absorbéru, a tím zajišťuje vyšší optimální výkon kolektoru po celý rok. Tyto kolektory se vyrábějí v neprůtočném provedení (tzv. tepelná trubice) a průtočném (tzv. U trubice). Trubicový vakuový kolektor je nejvýkonnější/ nejúčinnější typ solárního kolektoru, a je vhodný pro ohřev TUV a podporu vytápění.

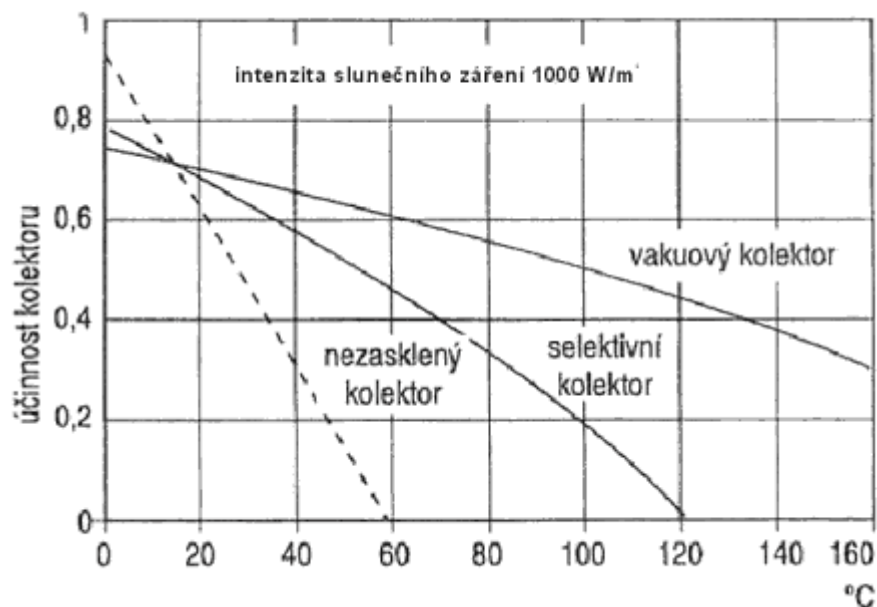


Trubicový vakuový kolektor obr. 1.2.3.

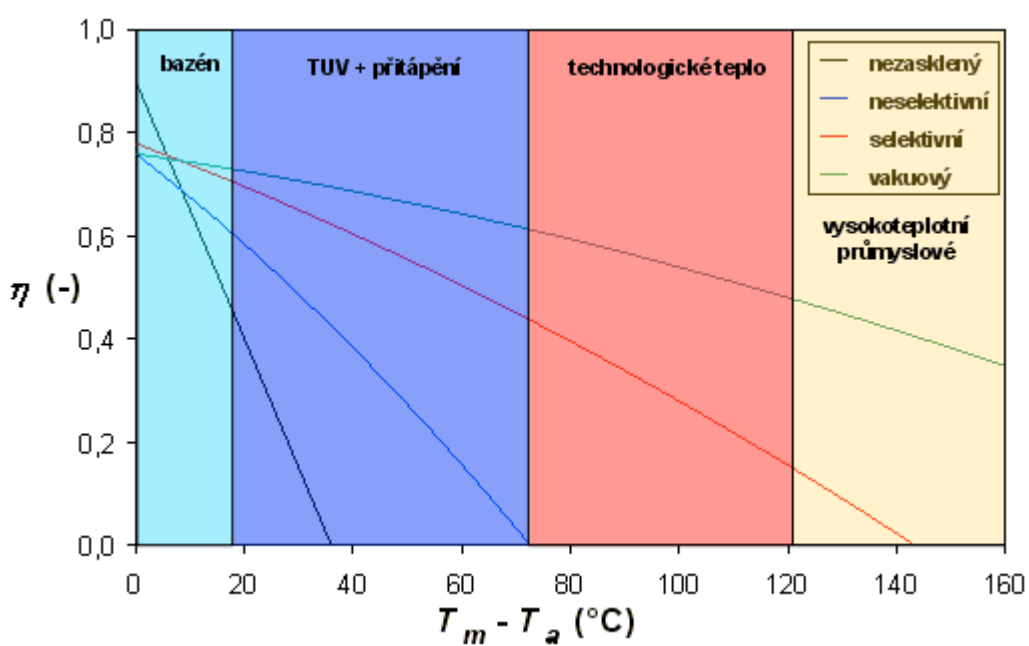
Solární kolektory deskového a trubicového typu jsou konstruovány tak, že tepelná energie je odváděna z kolektoru teplotonosnou látkou, kterou je nejčastěji nemrznoucí směs, např. solaren. U kolektorů bazénového typu je teplotonosnou látkou ohřívána bazénová voda.

Z výše uvedených odstavců, ve kterých jsou uvedeny popisy jednotlivých typů solárních termokolektorů, resp. popis jednotlivých konstrukčních řešení solárních kolektorů je patrné, že každý z typů kolektorů je vhodný k jinému účelu použití. Lze také konstatovat, že pokud požadujeme, aby měl solární kolektor vyšší účinnost a dosahoval co nejvyšších výstupních teplot, je nutná velmi vysoká technická a technologická zdatnost výrobce kolektorů. V závislosti na této technické sofistikovanosti a kvalitě výroby stoupá, nebo naopak klesá, cena výrobku. Níže je v ilustraci 1.2.4 uveden graf porovnání účinnosti jednotlivých základních typů solárních kolektorů. Dále je níže přiložen v ilustraci 1.2.5 graf, který nám porovnává dosahované výstupní

teploty a jejich další využití v praxi, v závislosti na použitém typu solárního kolektoru, resp. typu absorberu solárního termokolektoru.



Porovnání účinností solárních kolektorů obr. 1.2.4.



Výstupní teploty jednotlivých typů solárních kolektorů obr. 1.2.5.



### 1.3. Obecný popis tepelných čerpadel

Tepelné čerpadlo je založeno na přečerpávání nízkopotencionální tepelné energie na energii s vyšším tepelným potenciálem. Nositelem energie je v tomto případě speciální tekutina (dále chladivo), kdy podle platných fyzikálních zákonů dochází při jejím odpařování k odnímání tepla z okolí a naopak předání tepla při kondenzaci této tekutiny. Základní podmínkou je ovšem prostředí, ze kterého je možné trvale odebírat tepelnou energii.

Tepelné čerpadlo se skládá ze čtyř základních částí:

1. Kompresor
2. Kondenzátor
3. Expanzní ventil
4. Výparník

Ve výparníku tepelného čerpadla dochází k odpaření chladiva, které je v uzavřeném oběhu a tím k přeměně kapaliny na páru (plyn). Pára je poté kompresorem stlačena na požadovaný tlak. Při stlačení chladiva v plynném stavu dochází k zahřátí páry na teplotu, při které pára v kondenzátoru zkapalní. Touto změnou mění chladivo své skupenství a předává tepelnou energii topné vodě, kterou je dále možné využívat např. pro vytápění objektu a přípravu TUV. V expanzním ventilu se chladivo seškrtní na původní nízký tlak. Dále se cyklus opakuje.

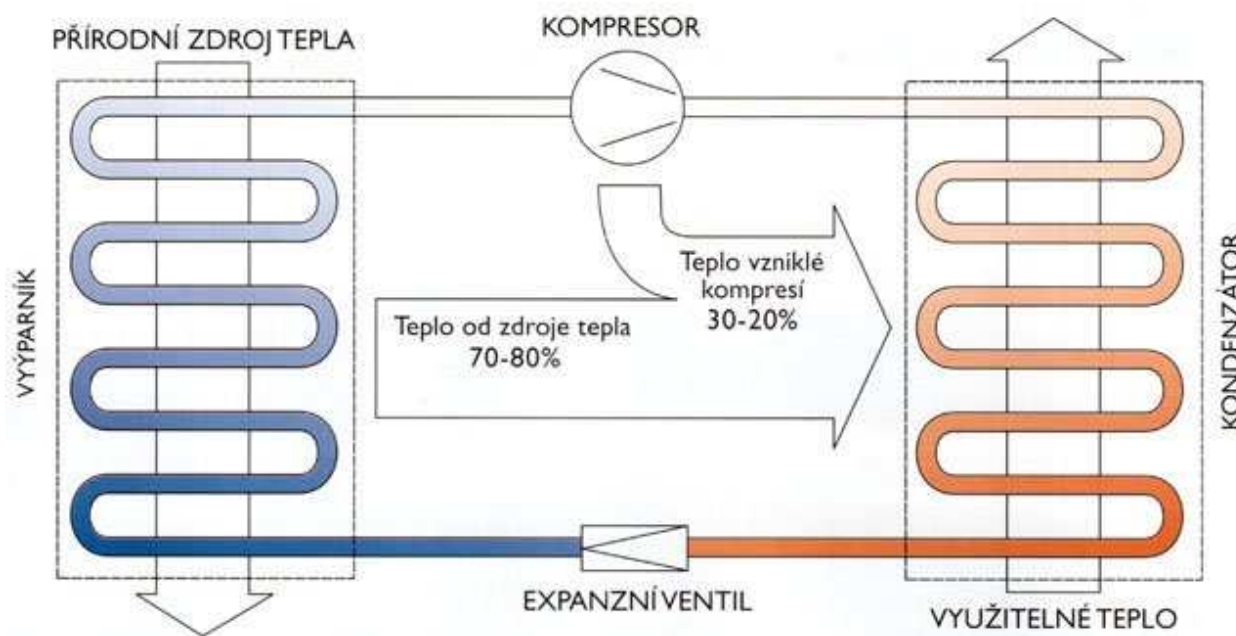


Schéma funkce tepelného čerpadla obr. 1.3.1.

Tepelné čerpadlo může pracovat a odebírat teplo ze vzduchu nebo ze země i při nízkých teplotách (až  $-20^{\circ}\text{C}$ ).

Efektivita tepelného čerpadla je dána tzv. topným faktorem, který vyjadřuje efektivitu jeho práce. Topný faktor je dán poměrem topného výkonu (množství získaného tepla např. ze vzduchu a elektrické energie) a příkonu (elektrická energie pro pohon kompresoru) tepelného čerpadla. Topný faktor závisí na teplotě zdroje tepla a na výstupní teplotě z tepelného čerpadla, při které je teplo spotřebováváno spotřebičem. Topný faktor je hodnota, která se vždy vztahuje na určitý provozní stav tepelného čerpadla.

V současné době existuje několik typů tepelných čerpadel využívajících různých zdrojů nízkopotencionální energie. Jedná se o tyto typy zdrojů tepelných čerpadel:

1. Vzduch – tepelná čerpadla využívající nízkopotencionální zdroj energie - vzduch z okolního prostředí využívají sluneční energii akumulovanou v něm, která je přeměňována pomocí elektrické energie na teplo. Je možné využívat tohoto zdroje tepla po celý rok a využívat jej jako jediného zdroje tepla. Venkovní vzduch jako zdroj tepelné energie lze využívat až do teploty  $-20^{\circ}\text{C}$ . Instalace takového zdroje energie nevyžaduje žádné zásahy do okolního prostředí a lze ho použít prakticky ve všech případech bez omezení místními podmínkami (velikostí pozemku, nemožností zhotovení vrtů atd.) Nevýhodou je hluk venkovní jednotky s ventilátorem a výkon tepelného čerpadla, který klesá s venkovní teplotou. Pokles je mnohem výraznější než u ostatních zdrojů energie. Tím narůstá spotřeba elektrické energie a zvyšují se náklady na provoz.
2. Země – tepelné čerpadlo využívá odběru nízkopotencionálního tepla z hloubkových vrtů. V těchto vrtech je uložena plastová trubka, ve které proudí nemrznoucí kapalina. Výhodou toho zdroje tepla je stabilní teplota po celý rok, která se mění pouze velmi minimálně, čímž je spotřeba elektrické energie tepelného čerpadla po celý rok prakticky konstantní (spotřeba elektrické energie není ovlivněna venkovní teplotou). Hlavní nevýhodou tohoto zdroje jsou vysoké pořizovací náklady na zhotovení vrtů a také neustálé ochlazování vrtu, čímž dochází k postupnému promrzání zdroje a tím ke snižování výkonu tepelného čerpadla. Existuje také řešení využívání tepelné energie země pomocí plošných kolektorů, které jsou tvořeny plastovými hadicemi. V kolektorech je získávána energie ze Slunce, které prohřívá povrchovou vrstvu půdy a nebo se v ní akumuluje prostřednictvím dešťových srážek a přenosem tepla ze vzduchu. Nevýhodou tohoto systému je plošná náročnost.

3. Voda – pokud je zdrojem nízkopotencionálního tepla voda ze studny, je nezbytné, aby byl tento zdroj dostatečně vydatný, což je nutné ověřit čerpací zkouškou. Důležité je také vhodné složení vody, zejména v návaznosti na případné zanášení výměníku tepla. Voda se ze studny čerpá běžným čerpadlem ponorného typu a ochlazená voda se vrací zpět do vsakovací studny. Pro tento systém je tedy nutné zhotovit čerpací a vsakovací studnu, ze které nebude prosakovat ochlazená voda zpět do studny sací. V sací studni musí mít voda minimální teplotu  $6 - 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , aby nedošlo k jejímu zamrznutí při ochlazování vody. Výhodou systému jsou nižší pořizovací náklady než u zemních vrtů, avšak systém vyžaduje pravidelnou údržbu – čištění filtrů, a potřebuje ke své funkci kvalitní vodu o dostatečném množství a teplotě. Jako zdroj lze také použít povrchovou vodu, např. z rybníků, potoků, řek atd. Tento systém je většinou založený na kolektoru z plastových trubek, který je položen na dno. V některých případech lze vodu přivádět přímo k tepelnému čerpadlu a ochlazenou ji vypouštět zpět do řeky, což s sebou nese komplikace ve formě znečištění odebírané vody a nutnost platit za její odběr.

#### 1.4. Popis topných systémů tepelných čerpadel

V kapitole 1.3 byl uveden obecný popis funkce tepelného čerpadla a byly také uvedeny jednotlivé nízkopotencionální zdroje tepelné energie pro tepelné čerpadlo s hlavními výhodami a nevýhodami pro jejich výstavbu a provoz. Každý z těchto nízkopotencionálních zdrojů tepelné energie se dá využít v kombinaci s dalšími technologiemi pro vytápění objektů nebo pro přípravu teplé užitkové vody.

Systémy tepelných čerpadel a jejich další možné kombinace:

##### 1. Země, plochý kolektor / Voda:

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z plochy pozemku pomocí kolektoru. Pod povrchem zahrady jsou uloženy plastové hadice naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. Teplo je pomocí elektrické energie dodané do tepelného čerpadla přečerpáváno na tepelnou energii o vyšším použitelném potenciálu a dále je předáváno přes tepelný výměník topné vodě nebo vodě ohřívající TUV.

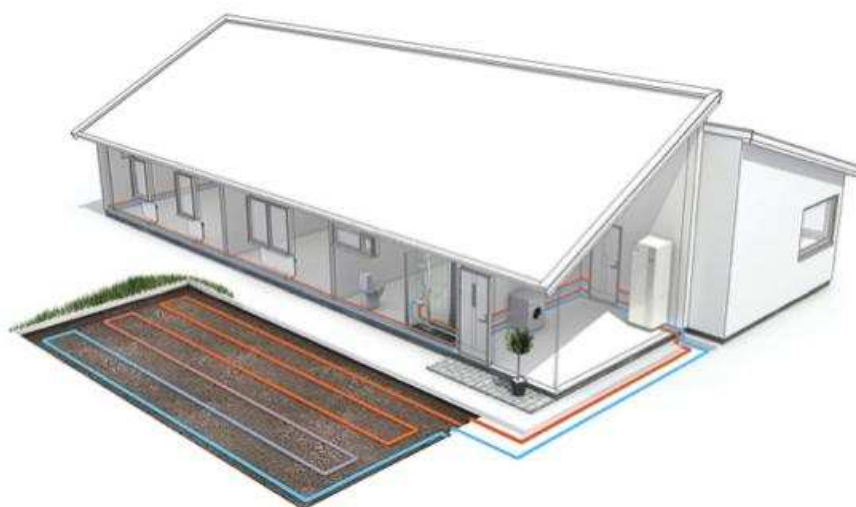


Schéma plochého kolektoru tepelného čerpadla země/ voda obr. 1.4.1.

## 2. Země, hlubinný vrt/ Voda:

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z hlubinné vrtu, který může mít hloubku i 150 m, nízkopotencionální tepelnou energii. Ve vrtech jsou uloženy plastové hadice naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. Teplo je pomocí elektrické energie dodané do tepelného čerpadla přečerpáváno na tepelnou energii o vyšším použitelném potenciálu a dále je předáváno přes tepelný výměník topné vodě nebo vodě ohřívající TUV.



Schéma hlubinného vrtu tepelného čerpadla země/ voda obr. 1.4.2.

### 3. Země/ Voda – větrací vzduch:

Kombinace využívání tepla odpadního vzduchu z domu a tepla z plošného kolektoru nebo hlubinného vrtu je vhodné pouze pro nízkoenergetické domy. Tepelné čerpadlo odebírá část tepla z odpadního větracího vzduchu a část ze zemního kolektoru. Pokud není potřeba vytápět nebo ohřívat TUV, je nadbytečné teplo z větracího vzduchu vedeno do podzemního kolektoru. Díky tomu je teplota zemního kolektoru stále vysoká a tepelné čerpadlo pracuje celoročně s vysokým topným faktorem.

### 4. Voda/ Voda – vodní plocha:

Tepelné čerpadlo odebírající teplo z vodní plochy, např. dna rybníku, řeky nebo jiné vodní plochy. Na dně vodní plochy jsou uloženy plastové hadice naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi vodou a tepelným čerpadlem. Výhodou tohoto systému jsou velmi nízké náklady na vybudování kolektoru a nízké náklady na provoz.

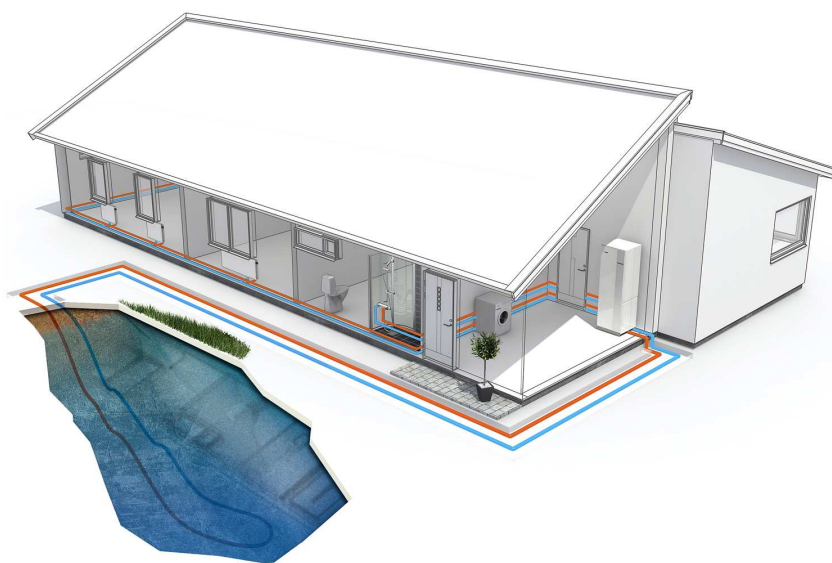


Schéma okruhu tepelného čerpadla voda/ voda – vodní plocha obr. 1.4.3.

### 5. Voda/ Voda:

Tepelné čerpadlo odebírající teplo ze spodní nebo geotermální vody. Voda je obvykle čerpána ze studny do výměníku tepelného čerpadla a následně vrácena zpět do země. Systém se vyznačuje nejnižšími provozními náklady v porovnání s vrtly i nižšími investičními náklady, avšak na úkor požadavku na pravidelnou údržbu a dozor. Systém má vyšší náklady na servis a opravy.

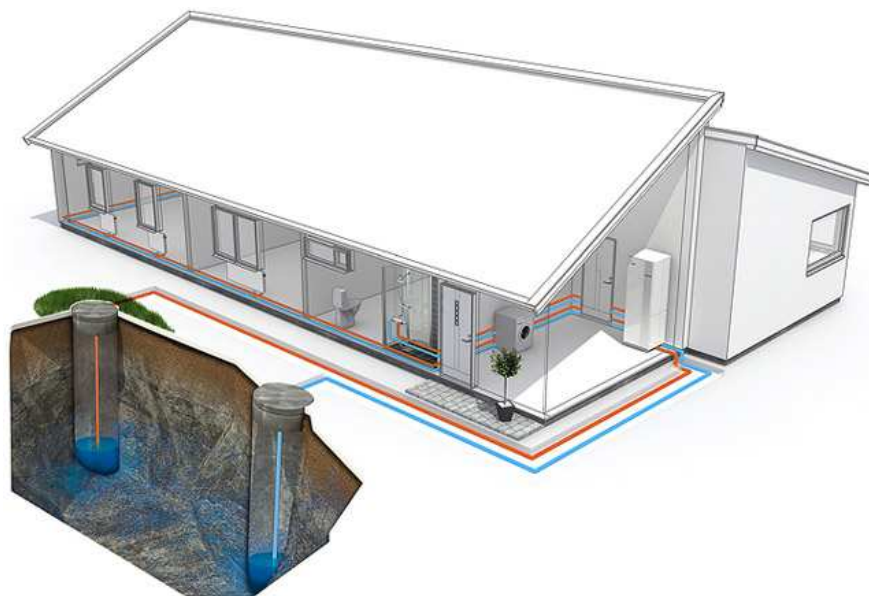


Schéma tepelného čerpadla voda/ voda – spodní obr. 1.4.4.

#### 6. Vzduch/ Voda:

Tepelné čerpadlo odebírající teplo z venkovního vzduchu. Vzduch je nasáván přímo do tepelného čerpadla a získané teplo je použito pro ohřev vody v okruhu topení nebo pro ohřev TUV. Systém je jednoduchý a vyznačuje se rychlou instalací bez jakékoliv potřeby provádění zemních prací. Nižší investiční náklady než u tepelných čerpadel s vrtem jsou také nespornou výhodou tohoto systému. Nevýhodou systému je vyzařovaný hluk do okolí od ventilátoru tepelného čerpadla.

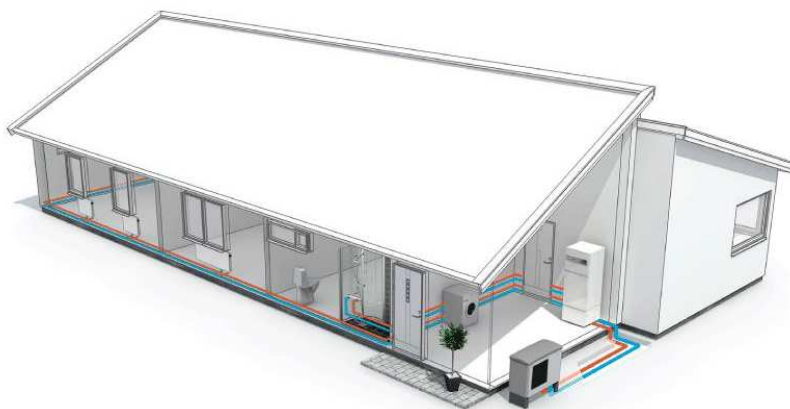


Schéma tepelného čerpadla vzduch/ voda obr. 1.4.5.

## 7. Vzduch/ Vzduch:

Tepelné čerpadlo odebírající teplo z venkovního vzduchu. Vzduch je nasáván přímo do tepelného čerpadla a získané teplo je použito pro ohřev vzduchu uvnitř vytápěné budovy. Systém je jednoduchý a vyznačuje se rychlou instalací a má nízké investiční náklady. Doplnkovou funkcí systému je klimatizace místností a čištění vzduchu. Nevýhodou systému je, že tepelné čerpadlo má pouze jednu vnitřní jednotku, což je obtížně použitelné u bytů a domů s větším počtem malých místností.

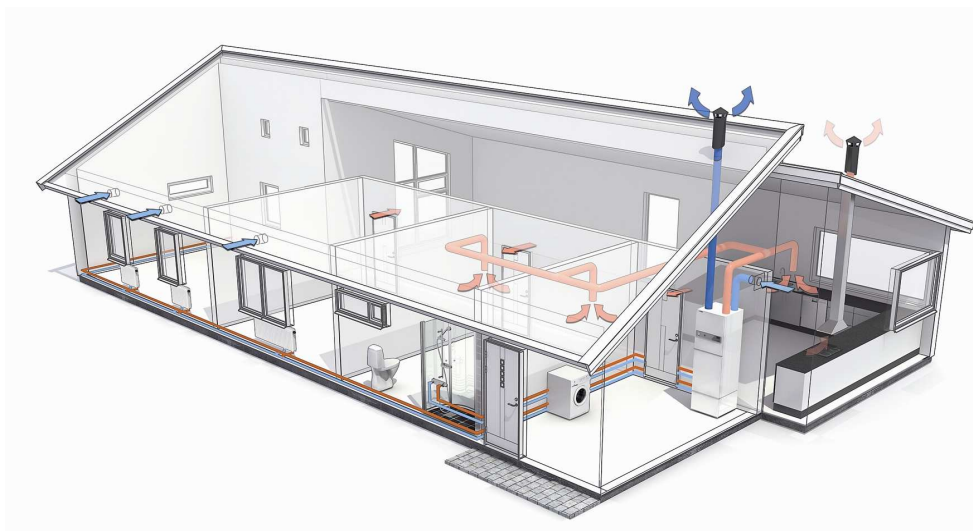


Schéma tepelného čerpadla vzduch/ vzduch obr. 1.4.6.



## 2. Výpočet ztráty tepla, popis řešení

### 2.1. Informace o objektu

Rodinný dům, pro který bude navržen systém vytápění a ohřevu TUV z obnovitelných zdrojů energie se nachází v Ostravě – Heřmanicích. Jedná se o nepodsklepenou novostavbu jednopodlažního rodinného domu se šikmou střechou se sklonem  $27^\circ$  s částečně obývaným podkrovím. Dům je koncipován jako klasická zděná konstrukce založená na základových pásech. Konstrukce krovů je dřevěná. Součástí stavby je garáž určená pro jedno osobní vozidlo a rekreační venkovní bazén.



Satelitní mapa polohy objektu obr. 2.1.1.

Objekt je umístěn na velmi mírně svažitém pozemku o rozměrech 30,0 x 44,0 m. Pozemek, na němž je stavba vystavena je opatřen všemi inženýrskými sítěmi, tzn. vedením zemního plynu, vedením elektrické energie a kanalizace. Zastavěná plocha činí 249,7 m<sup>2</sup>, užitná plocha činná 172,9 m<sup>2</sup>, obytná plocha činná 107,65 m<sup>2</sup> a obestavěný prostor je cca 985 m<sup>3</sup>. Podlaha 1 NP je + 0,300 m nad úrovní komunikace u vjezdu.

Půdorysné řešení objektu je ve tvaru L o rozměrech 10,80 x 14,00 m. Přilehlá garáž má rozměry 8,80 x 4,00 m. Ze zadní strany směrem do pozemku je terasa a rekreační bazén. V 1. NP se nachází zádveří, hala, obývací pokoj, kuchyň s jídelnou, koupelna s WC, samostatné WC, pokoj, ložnice, pracovna, garáž a sklad. Podkroví je částečně obyvatelné a je v něm umístěn jeden pokoj – sklad s hobby místností. Přístup do podkroví je po schodech z haly. Objekt je umístěn 240 m. n. m.



Obvodové zdi jsou vystaveny z cihelných bloků PORTHERM 36,5 +D na TM maltu. Vnitřní nosné zdi jsou z cihel POROTHERM 30 na (tm) maltu. Na obvodových zdech je vñec izolován polystyrenem tl. 100 mm. Vodorovné konstrukce jako strop nad 1. NP (obytná část podkroví) je proveden jako montovaný z I nosníků a keramických vložek HURDIS. Spodní pohledová plocha stropu nad 1. NP a plocha střechy v podkroví je ze sádrokartonu KNAUF GKB tl. 12,5 mm. Pod neobývanou částí 2. NP je nenosný strop ze sádrokartonu KNAUF GKB tl. 12,5 mm, který je připevněn hliníkovými profily ke konstrukci krovu. Tepelná izolace krovu je provedena minerální vlnou ROCKWOOL tl. 140+40 mm. Mezi sádrokartonovým podhledem a tepelnou izolací je vložena parozábrana JUTAFOL. Podlahy v 1. NP jsou tepelně izolovány pomocí POLYSTYRENU PPS tl. 80 mm. Střešní krytina je střešní taška BRAMAC na laťování. Veškerá okna jsou dřevěná typu Euro IV78.

Stávající vytápěcí systém domu je ústřední teplovodní pomocí plynového turbokotle, příprava TUV se provádí rovněž v plynovém kotli. Kotel je umístěn v technické místnosti v přízemí domu. V místnostech je podlahové topení a v domě je také instalován teplovzdušný krb.

## 2.2. Tepelná ztráta domu – popis

Byl zpracován výpočet tepelných ztrát domu dle výkresové dokumentace (viz. příloha č. 1). Výpočet je proveden na základě údajů z projekční dokumentace domu a norem ČSN 06 0210 a ČSN 73 0540. Přestože je již norma ČSN 06 0210 neplatná a byla nahrazena normou ČSN EN 12 831, byl výpočet tepelných ztrát domu proveden dle neplatné normy ČSN 06 0210, jelikož výpočet tepelných ztrát dle nově platné normy ČSN EN 12 831 je možný provést pouze pomocí speciálních softwarových programů. K výpočtu tepelných ztrát objektu bylo také nutné využít hodnoty z katalogů výrobců jednotlivých materiálů a komponent, ze kterých je dle projekční dokumentace dům postaven. Při výpočtu byla zvolena tzv. obálková metoda a výpočet byl proveden v programu Microsoft Office XP. Ve výpočtu byla také zavedena ztráta tepla větráním v místnostech, která je posuzována ze spárové provzdušnosti oken a dveří vůči hygienickému minimu pro danou místnost dle normy ČSN 73 0540-2.

## 2.3. Výpočet

Řešený objekt byl rozdělen na jednotlivé místnosti s označením 1.02 – 1.16 v 1. NP a 2.01 ve 2. NP, u kterých byla zvolena vnitřní teplota pro zachování tepelné pohody. Dále byla označena jednotlivá okna a dveře v místech domu. Z normy ČSN 06 0210 byla dle polohy objektu zvolena minimální vnější teplota a byl určen součinitel přestupu tepla. Jelikož byla zvolena tzv. obálková

metoda výpočtu tepelných ztrát, byl proveden výpočet součinitele prostupu tepla obvodových zdí, podlahy, středních zdí, příček, stropu a střechy. U každé místnosti domu byly zvoleny přírážky dle normy a byla vypočítána tepelná ztráta větráním v místnosti.

## 2.4. Výpočet ložnice

Označení místnosti	Účel místnosti	Délka místnosti D [m]	Šířka místnosti Š [m]	Výška místnosti V [m]	Plocha místnosti S [m <sup>2</sup> ]	Objem místnosti V <sub>OB</sub> [m <sup>3</sup> ]	Požadovaná teplota v místnosti t <sub>i</sub> [°C]
1.05	Ložnice	5,128	4,51	2,55	23,13	58,97	20

- Určení teplot

Poloha	Vnitřní t <sub>i</sub>	Vnější t <sub>e</sub>	Zemina t <sub>z</sub>	Půda t <sub>p</sub>
Teplota [°C]	20	-15	10	0

- Určení součinitele přestupu tepla

Součinitele přestupu tepla α		
Poloha	Značka	Součinitel přestupu tepla α [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Interiér	α <sub>i</sub>	8
Exteriér	α <sub>e</sub>	25

- Výpočet součinitele prostupu tepla obvodovou zdí

Složení nosných obvodových zdí		
Materiál	Tloušťka materiálu l [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Omítka vnější	0,03	0,82
Polystyren BAUMIT	0,1	0,031
Cihla POROTHERM 36,5 P+D	0,365	0,138
Omítka vnitřní	0,02	0,82

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} + \frac{l_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_e}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,03}{0,82} + \frac{0,1}{0,031} + \frac{0,365}{0,138} + \frac{0,02}{0,82} + \frac{1}{25}} = 0,164 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

- Výpočet součinitele prostupu tepla podlahou

Složení podlahy obytných prostor 1. NP		
Materiál	Tloušťka materiálu l [m]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Struska	0,4	0,58
Beton B15	0,15	1,05
Hydroizolace SKLOBIT	0,01	0,35
Polystyren podlahový	0,08	0,043
Cementový potěr	0,06	1,16
Nášlapná vrstva	0,015	0,34

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} + \frac{l_4}{\lambda_4} + \frac{l_5}{\lambda_5} + \frac{l_6}{\lambda_6}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,4}{0,58} + \frac{0,15}{1,05} + \frac{0,01}{0,35} + \frac{0,08}{0,046} + \frac{0,06}{1,16} + \frac{0,015}{0,34}} = 0,335 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

- Výpočet součinitele prostupu tepla střechou

Složení střechy		
Materiál	Tloušťka materiálu l [m]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Sádrokarton GKB	0,125	0,22
Parozábrana JUTAFOL	0,002	0,35
Rockwool	0,14	0,037
Hydroizolace – folie	0,002	0,35
Dřevěné latě	0,04	0,49
Taška Bramac	0,004	1,3

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} + \frac{l_4}{\lambda_4} + \frac{l_5}{\lambda_5} + \frac{l_6}{\lambda_6} + \frac{1}{25} + \frac{1}{\alpha_e}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,125}{0,22} + \frac{0,002}{0,35} + \frac{0,14}{0,037} + \frac{0,001}{0,035} + \frac{0,04}{0,49} + \frac{0,004}{1,3} + \frac{1}{25}} = 0,217 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

- Výpočet tepelné ztráty obvodovou zdí

$$Q_O = S_O \times k \times (t_i - t_e) = 23,66 \times 0,164 \times [20 - (-15)] = 135,8 \text{ W}$$

Kde

$$S_O = D \times V = 8,3 \times 2,85 = 21,48 \text{ m}^2$$

- Výpočet tepelné ztráty oknem

$$Q_{OD} = S_{OD} \times k_O \times (t_i - t_e) = 2,18 \times 1,1 \times [20 - (-15)] = 83,93 \text{ W}$$

Kde

$$S_{OD} = V_O \times \check{S}_O = 1,45 \times 1,5 = 2,18 \text{ m}^2$$

$$k_O = 1,1 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

- Výpočet tepelné ztráty podlahou

$$Q_P = S_P \times k \times (t_i - t_e) = 23,13 \times 0,335 \times [20 - (+10)] = 77,546 \text{ W}$$

Kde

$$S_P = D \times \check{S} = 5,128 \times 4,51 = 23,13 \text{ m}^2$$

- Výpočet tepelné ztráty střechou

$$Q_S = S_S \times k \times (t_i - t_e) = 23,13 \times 0,217 \times (20 - 0) = 100,268 \text{ W}$$

Kde

$$S_S = D \times \check{S} = 5,128 \times 4,51 = 23,13 \text{ m}^2$$

- Celková ztráta prostupem tepla místnosti

$$Q_C = Q_O + Q_{OD} + Q_P + Q_S = 135,8 + 83,93 + 77,546 + 100,268 = 384,864 \text{ W}$$

- Průměrný součinitel prostupu tepla

$$k_C = \frac{Q_C}{\sum S \times (t_i - t_e)} = \frac{384,864}{\sum 87,68 \times [20 - (-15)]} = 0,125 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

Kde

$$\sum S = S_{OD} + S_O + S_1 + S_2 + S_P + S_S = 2,18 + 21,48 + (3,31 \times 2,55) + (4,51 \times 2,55) + 23,13 + 23,13 = 87,68 \text{ m}^2$$

- Přirážky

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí

$$p_1 = 0,15 \times k_C = 0,15 \times 0,125 = 0,019$$

Přirážka na urychlení zátopy

$$p_2 = 0$$

Přirážka na světovou stranu

$$p_3 = \frac{-0,05 \times L_{SJ} + 0 \times L_{SZ}}{\sum L_S} = \frac{-0,05 \times (2,95 \times 2,85) + 0 \times (5 \times 2,85)}{(2,95 \times 2,85) \times (5 \times 2,85)} = -0,42$$

- Průměrný součinitel prostupu tepla včetně přirážek

$$Q_P = Q_C \times (1 + p_1 + p_2 + p_3) = 384,864 \times (1 + 0,019 + 0 - 0,42) = 230,317 \text{ W}$$

- Tepelná ztráta místnosti větráním

$$Q_V = 1300 \times V_{vH} (t_i - t_e) = 1300 \times 0,006 \times [20 - (-15)] = 260,881 \text{ W}$$

Kde

$$\text{Přirozené větrání } V_{vp} = \sum (i_{LV} \times L) \times B \times M = 0,003 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde

	Délka Spáry	Souč. spárové provzdušnosti	Hodnota součinu
	L [m]	$i_{LV} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}]$	$E(i_{LV} \cdot L) [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}]$
OK 1.05	5,9	0,00014	0,00083

Charakteristické číslo budovy	Charakteristické číslo místnosti
B [ $\text{Pa}^{-0,67}$ ]	M [-]
6	0,7

$$\text{Nucené větrání } V_{vH} = \frac{n_h}{3600} \times V_m = \frac{0,35}{3600} \times 58,97 = 0,006 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde

$$n_h = 0,35 \text{ h}^{-1}$$

Porovnání pro  $Q_v$  – vyšší hodnota bude použita dále ve výpočtu, jelikož se jedná o méně příznivou hodnotu (porovnání hodnoty dané normou s vypočtenou hodnotou).

$$V_{vp} \leq V_{vH} \Rightarrow 0,003 \leq 0,006 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

## 2.5. Celkové výsledky ztrát prostupem tepla

Celkové vyhodnocení dílčích výpočtů				
Celková ztráta domu prostupem tepla	$Q_C =$	3956	W	55,6 %
Celková tepelná ztráta prostupem tepla místností včetně přírážek na světovou stranu	$Q_p =$	4217	W	59,3 %
Celková tepelná ztráta místností větráním	$Q_v =$	2896	W	40,7 %
Celkový tepelný zisk domu	$Q_Z =$	0	W	0 %
Celková tepelná ztráta domu	$Q_{CD} =$	7114	W	100 %

### 3. Výpočet příkonu solárního záření, popis řešení

#### 3.1. Popis výpočtu

Výpočet vychází ze zadaných a zvolených hodnot, které jsou:

- Spotřeba TUV na 1 osobu a den je 55 l/ den
- První zisky solárního systému ze slunečního záření jsou plně použitelné v měsíci březnu
- Použití hodnot z meteorologické stanice a databáze Meteonorm
- Objekt je trvale obýván 3 dospělými osobami po celý rok
- Výstupní teplota ze solárního systému je 50 °C

Výpočet byl proveden na základě zpracování dat z meteorologické stanice. Hodnoty z meteorologické stanice byly získány z databáze Meteonorm pro danou oblast, kde se nachází řešený objekt. Z takto získaných dat byly provedeny následující dílčí výpočty:

- Výpočet redukované teploty
- Výpočet účinnosti kolektoru
- Výpočet reálné účinnosti kolektoru
- Výpočet tepelného toku kolektorem
- Výpočet množství záření v čase a počet hodin slunečního svitu

Výše uvedené výpočty byly provedeny pro každou hodinu v roce a byly rozděleny do jednotlivých měsíců v roce. Výsledky těchto dílčí výpočtů pro každou hodinu v roce jsou zpracovány do celkových výsledků za určitý měsíc.

V souhrnných měsíčních výsledcích bylo vypočítáno:

- Celková suma záření
- Účinnost systému v daném měsíci
- Průměrná teplota studené vody ve vodovodu
- Celkové záření na plochu
- Globální záření na plochu a globální záření na horizont
- Celkový počet slunečních hodin v měsíci

U některých výpočtů bylo nutné zvolit hodnoty (např. ztrát v celkovém systému zapojení) a nebo použít konkrétní hodnoty výrobců jednotlivých komponent systému.

Jelikož by měl solární systém zabezpečit ohřev TUV po většinu roku a případnou podporu vytápěcího systému, byly zvoleny solární kolektory fy. Regulus typu KTU 10. Jedná se o vakuové trubicové solární kolektory bez reflexního plechu s vyšším počtem trubic (v tomto případě má jeden kolektor 10 trubic) a je schopen využít sluneční záření v úhlu  $110^\circ$  (viz. typový list kolektoru). Tento typ solárního kolektoru je dle popisu a uvažovaného použití jeden z vhodných typů solárního kolektoru. Jelikož se jedná o vakuový trubicový kolektor, byl proveden výpočet globálního záření na zadanou plochu ( $G_{GK}$ ) součtem difúzního záření na zadanou plochu ( $G_{DK}$ ) s přímým zářením ve směru normály ( $G_{Bn}$ ).

Výpočet byl proveden na plochu apertury kolektoru, která je dle typového listu kolektoru  $0,934 \text{ m}^2$  pro jeden kolektor. Pro akumulaci tepla ze solárního systému byl zvolen zásobník (tzv. solartank) typu PSK 750 od fy. Solarpower. Zásobník má objem 250 l pro teplou užitkovou vodu (TUV) a 500 l vody pro podporu vytápění.

Dále bylo zvoleno cirkulační čerpadlo solárního okruhu typu Wilo Star-ST 25/6. S tímto čerpadlem bylo také počítáno v některých provedených výpočtech. Toto čerpadlo je zakomponováno do čerpadlové a řídicí jednotky PSKR fy. Solarpower. Výhodou této zvolené čerpadlové jednotky je vhodnost její montáže na solární zásobník PSK 750, který je použit v navrhovaném solárním systému. Součástí celého solárního okruhu je také expanzní nádoba AG33S fy. Solarpower.

### 3.2. Výpočet

- Vstupní hodnoty z databáze Meteonorm pro daný měsíc, den a hodinu v roce

Den/ měsíc/ rok/ hodina	Měsíc v roce m [m]	Den v měsíci d [d]	Hodina dne h [h]	Hodina v roce hr [hr]	Globální horizont $G_{Gh}$ [W/m <sup>2</sup> ]
10.3.2001 12:00	3	10	12	1644	242
Difúzní horizont $G_{Dh}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Globální na zadanou plochu $G_{GK}$ [Wh/m <sup>2</sup> ]	Difúzní na zadanou plochu $G_{DK}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Přímé ve směru normály (slunečnice) $G_{Bn}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Teplota venkovního vzduchu $T_a$ [°C]	Teplota studené vody ve vodovodu $T_{sv}$ [°C]
221	265	230	35	-0,5	7,9



- Redukovaná teplota

$$A = \frac{t_s - T_a}{G_{GK}} = \frac{29,0521 - (-0,5)}{265} = 0,112 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$$

Kde

$$t_s = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{8,1042 + 50}{2} = 29,0521 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$G_{GK} = G_{Dk} + G_{Bn} = 230 + 35 = 265 \text{ W} / \text{m}^2$$

- Účinnost kolektoru (viz. typový list kolektoru)

$$\eta_K = \eta_{0a} - a_{1a} \times A = 0,827 - 2,516 \times 0,111517372 = 0,546422293 \Rightarrow \eta_K \times 100 = 54,64 \%$$

- Reálná účinnost solárního kolektoru

Reálná účinnost je posuzována ke zvolené hodnotě 15% účinnosti kolektoru. Pokud je účinnost kolektoru nižší než 15%, celý systém nedodává žádnou využitelnou energii a naopak.

$$\eta_{real} = \eta_{real} \geq 15\% \times \eta_K \Rightarrow \eta_{real} = \eta_K = 54,64 \%$$

- Tepelný tok kolektorem

$$q = \eta_{real} \times G_{Gk} = 0,5464 \times 265 = 144,8019076 = 144,8 \text{ W} / \text{m}^2$$

- Množství záření v čase

$$\text{int } q = \frac{(q_{232} + q_{231})}{2} \times (t_{12} - t_{11}) \times 24 = \frac{(144,8 + 273,1)}{2} \times (12 - 11) \times 24 = 208,931 \text{ Wh} / \text{m}^2$$

- Počet hodin slunečního svitu

Pokud je tepelný tok solárním kolektorem větší než 0, započítává se 1 sluneční hodina do celkového součtu hodin slunečního svitu a naopak.

$$h_{sl} = q \geq 0 \Rightarrow 144,8 \geq 0 \Rightarrow 1 \text{ h}$$

### 3.3. Schéma navrženého solárního okruhu

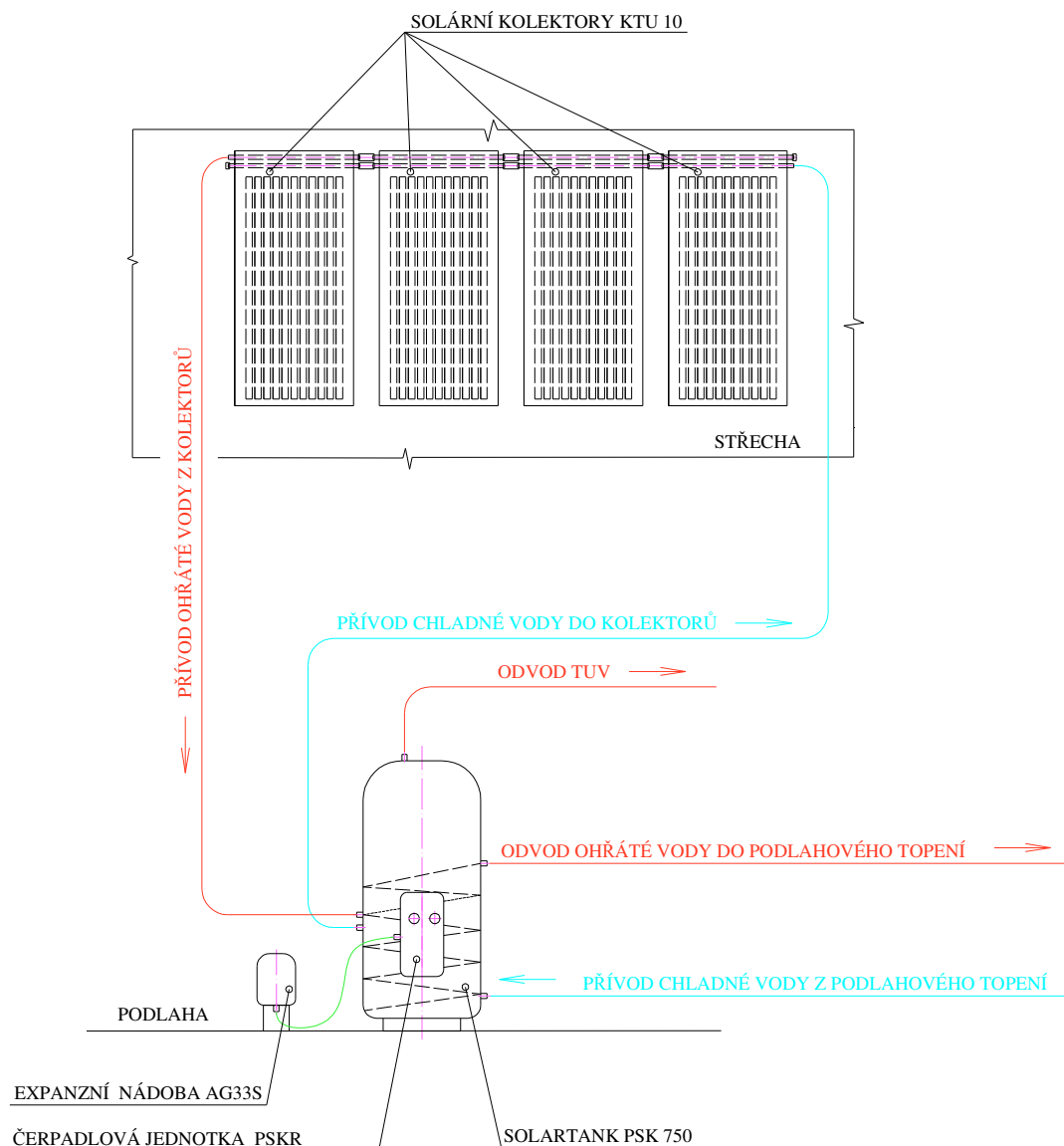


Schéma navrženého solárního okruhu s možností podpory vytápění obr. 3.3.1.

### 3.4. Celkové výsledky výpočtu solárního systému

Ze všech provedených výpočtů, které byly zpracovány v programu Microsoft Excel XP, včetně spotřeby oběhového čerpadla, vychází pro zadané a vstupní hodnoty kolektorové pole o počtu 4 kusů kolektorů typu KTU 10 fy. Regulus. Součástí celkových výsledků (viz. příloha č. 2) je také graf požadovaného a využitelného výkonu ze solárního systému pro každý měsíc v roce (viz. příloha č. 3), který odpovídá vypočteným hodnotám. Výpočet solárního systému v programu Excel je proveden interaktivně, je tedy možné změnit jakékoliv vstupní hodnoty

nebo požadavky na solární systém s okamžitým vyhodnocením výsledků výpočtů. Výpočet a navržený solární okruh zahrnuje také možnost podpory vytápěcího okruhu domu.

### 3.5. Ekonomická návratnost solárního systému pro ohřev TUV

$$E_{NÁV} = \frac{I(+S_{DOTACE})}{C_{prim} - \check{C}_{el} \times c_{el,kWh} - E_{TUV} \times c_{el,kWh}}$$

Kde

I...Investice do solárního systému [Kč]

S<sub>DOTACE</sub>...Státní dotace [Kč]

C<sub>prim</sub>...Cena za ohřev TUV zdroji energie [Kč]

Č<sub>el</sub>...Elektrická energie nutná k provozu oběhové čerpadla [kWh/ rok]

c<sub>el,kWh</sub>...Cena elektrické energie pro provoz oběhového čerpadla [Kč/ kWh]

E<sub>TUV</sub>... Energie nutná pro ohřátí TUV – podpora solárního systému [kWh/ rok]

#### Ekonomická návratnost solárního systému pro ohřev TUV

Využitelná energie ze solárního systému pro ohřátí TUV	2466,1	kWh/ rok		
Celková energie pro ohřev TUV za rok	3001,7	kWh/ rok		
Energie nutná pro ohřátí TUV – podpora solárního systému	535,6	kWh/ rok		
Cena solárního systému				
Název komponentu	Počet kusů	Cena za kus	Cena celkem	Měna
Sluneční kolektor KTU 10	4	14 990	59 960	Kč
Sada upevňovací a propojovací pro 4 kolektory KTU 10	1	4 950	4 950	Kč
Odvzdušňovací ventil s nerez. plovákem	1	569	569	Kč
Solar tank PSK750	1	57 800	57 800	Kč
Čerpadlová jednotka PSKR	1	16 575	16 575	Kč
Trubka měděná, 1 m	18	191	3 438	Kč
Izolace s ochranou povrchu (vnější použití), 2 m	2	970	1 940	Kč
Izolace běžná, 11 m	2	158	316	Kč
Drobný montážní a spojovací materiál	1	2 500	2 500	Kč
Solaren 1 l	15	75	1 125	Kč

Montážní práce	1	15 000	15 000	Kč
DPH	10%			
<b>Cena</b>	<b>180 590</b>			<b>Kč</b>
Elektrický příkon čerpadla solárního okruhu	81,72	kWh		

Cena ohřevu TUV z primárních zdrojů energie			
Název	Cena za kWh	Cena celkem	Měna
Zemní plyn	2,45	6 042	Kč
Elektřina (elektrický ohřev TUV)	4,17	10 284	Kč

Návratnost investice v porovnání se zemním plynem	41	let
Návratnost investice v porovnání se zemním plynem v případě státní dotace	29	let
Návratnost investice v porovnání s elektřinou (elektrický ohřev TUV)	23	let
Návratnost investice v porovnání se zemním plynem v případě státní dotace	16	let

Státní dotace pro ohřev TUV solárními panely	55 000	Kč
--	--------	----

V ekonomickém zhodnocení není započítán měsíční paušál za plynovou a elektrickou přípojku k domu, jelikož oba měsíční paušály musí být placeny pro zachování běžného a komfortního provozu domu i v případě nepoužívání solárních panelů. U obou porovnávaných primárních zdrojů (zemní plyn a elektrický ohřev TUV) je započítána energie, kterou je nutné dodat ve dnech a měsících, kdy solární systém nepokryje 100% spotřebu TUV.

## 4. Výpočet příkonu tepelného čerpadla, popis řešení

### 4.1. Popis výpočtu

Pro vytápění a přípravu TUV v řešeném rodinném domě pomocí tepelného čerpadla typu vzduch – voda byly zadány, určeny nebo využity tyto údaje:

- Výsledky výpočtu tepelných ztrát objektu
- Hodnoty z databáze meteorologických údajů fy. Meteonorm
- Obecné hodnoty a údaje pro zvolený typ tepelného čerpadla
- Výstupní teplota TUV ze systému  $t_{TUV} = 50\text{ °C}$

Stejně jako v případě výpočtu příkonu solárního systému, byly i v tomto případě zpracovány data ze statistik fy. Meteonorm o průběhu teplot sledovaných veličin pro danou oblast po dobu jednoho roku. Hodnoty ze statistiky a výpočty jsou provedeny pro každou hodinu v roce. Z těchto dat byly provedeny dílčí úvahy v závislosti na obecných datech ke zvolenému typu tepelného čerpadla a jednotlivé dílčí výpočty.

Jedná se o tyto hodnocení a výpočty:

- Posouzení, zda-li je v chodu tepelné čerpadlo a nebo i náhradní zdroj energie – elektrická spirála, která je v tomto případě součástí tepelného čerpadla. Toto je hodnoceno k vnější teplotě okolí  $-5\text{ °C}$ , kdy nad touto teplotou je funkční tepelné čerpadlo a pod touto teplotou je funkční i náhradní zdroj energie = vestavěná elektrická spirála.
- Z obecného předpokladu závislosti průběhu vnější teploty a výkonu tepelného čerpadla byla vypočítána směrnice „k“ a koeficient „q“.
- Byl vypočítán potřebný tepelný výkon tepelného čerpadla pro zajištění určené tepelné pohody v objektu.
- Bylo zpracováno posouzení nutnosti zajištění odmrazování výparníku tepelného čerpadla. Z obecných hodnot pro daný typ tepelného čerpadla je mezní hodnotou teplota okolního vzduchu  $+8\text{ °C}$ . Pod touto teplotou je nutné zajistit odmrazování výparníku, a to elektrickým ohřevem. Pro zajištění potřebného výkonu pro odmražení výparníku je počítáno s přídavkem na výkon tepelného čerpadla  $+3\%$ . Nad teplotou okolního vzduchu  $+8\text{ °C}$  není nutné zajistit odmrazování výparníku tepelného čerpadla.
- Pokud je nutné zajistit odmražení výparníku tepelného čerpadla (viz předchozí bod), byl spočítán celkový výkon tepelného čerpadla včetně výkonu na odmražení výparníku.

- Maximální výkon tepelného čerpadla byl stanoven jako 70 % tepelných ztrát objektu. Tento výkon byl navýšen o korekční součinitel provozu tepelného čerpadla, který vychází z předpokladu provozu tepelného čerpadla po dobu 22 h denně za sníženou sazbu elektrické energie.
- Byla stanovena spotřeba TUV a její výstupní teplota ze systému v průběhu celého jednoho dne, s přesností na každou hodinu ve dni pro 3 osoby žijící v řešeném objektu.
- Hodnocení, zda-li je požadována TUV. Pokud je požadavek na TUV, byl vypočítán „zbytkový“ výkon TČ, který je možné využít pro její ohřev. Pokud požadavek na TUV není, je „zbytkový“ výkon z maximálního výkonu TČ nevyužit. Tento nevyužitý zbytkový výkon je možné brát v úvahu jako rezervu pro případ zvýšeného odběru TUV vůči předpokládané spotřebě.
- Pokud byl požadavek na TUV, bylo hodnoceno, zda-li je výkon tepelného čerpadla pro ohřev TUV pro danou hodinu ve dni dostačující nebo ne. Pokud výkon tepelného čerpadla pro ohřev TUV nebyl dostačující, bylo určeno množství TUV, které je nutné ohřát jiným způsobem (např. elektrickou spirálou v zásobníku TUV).

## 4.2. Výpočet

- Vstupní hodnoty z databáze Meteonorm pro daný měsíc, den a hodinu v roce

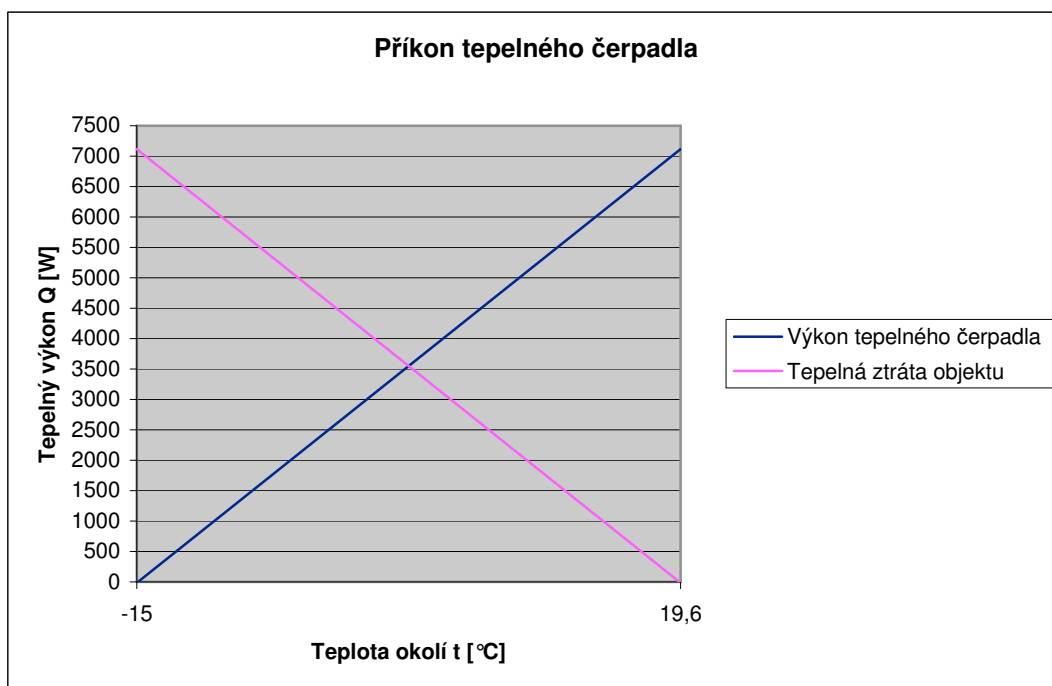
Den/ měsíc/ rok/ hodina	Měsíc v roce m [m]	Den v měsíci d [d]	Hodina dne h [h]	Hodina v roce hr [hr]	Teplota venkovního vzduchu $T_a$ [°C]	Teplota studené vody ve vodovodu $T_{sv}$ [°C]
1.4.2001 4:00	4	1	4	2164	5,7	8,7

- Posouzení chodu tepelného čerpadla s, a nebo bez, náhradního zdroje energie

$T_{CEP} = T_a \geq -5 \Rightarrow ANO$ ,  $5,7 \geq -5 \Rightarrow ANO$ , Tepelné čerpadlo v provozu bez náhradního zdroje energie

- Výpočet směrnice „k“ a koeficientu „q“

Pro výpočet směrnice „k“ je využita obecná závislost průběhu vnější teploty na výkonu tepelného čerpadla. V obecném grafu, který je uveden níže (viz. obr. 4.2.1), je využito hodnot  $y_1$  a  $y_2$  na svislé ose grafu a hodnot  $x_1$  a  $x_2$ , které jsou na podélné ose grafu.



Obecná závislost příkonu tepelného čerpadla obr. 4.2.1.

$$k = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} = \frac{(0 - 7113,615)}{[19,6 - (-15)]} = -206$$

$$q = y_2 - (k \times x_2) = 0 - (-206 \times 19,6) = 4030$$

Kde

$x_1$  je vnější minimální teplota

$x_2$  je průměrná teplota uvnitř místnosti řešeného domu

$y_1$  je maximální tepelná ztráta objektu

$y_2$  je minimální výkon tepelného čerpadla

- Potřebný tepelný výkon tepelného čerpadla

$$Q = (T_a \times k) + q = [5,7 \times (-206)] + 4030 = 2857,782 \text{ W}$$

- Posouzení nutnosti zajištění odmrazování výparníku tepelného čerpadla

$O_{výp} = T_a \leq 8 \Rightarrow ANO$ ,  $5,7 \leq 8 \Rightarrow ANO$ , je nutné odmrazovat výparník tepelného čerpadla

- Výkon tepelného čerpadla s odmrazováním výparníku

$$Q_{ov} = Q + P_{ov} = 2857,782 + 85,733 = 2943,515 \text{ W}$$

Kde

$$P_{ov} = Q \times 3\% = 2857,782 \times 3\% = 85,733 \text{ W}$$

- Stanovení spotřeby TUV v průběhu celého dne

Spotřeba TUV byla zvolena dle normativních doporučení a také v závislosti na celodenním využívání objektu se zahradou, 3 osobami a častými návštěvami.

- Požadavek TUV ve sledovaném dni a hodině

Ano

- Výkon, který je možné použít pro ohřev TUV

$$Q_{TUV} = Q_{CD} \times k_{TC} \times 70\% - Q_{ov} = 7113,615 \times 1,091 \times 70\% - 2943,515 = 2488,7 \text{ W}$$

Kde

$$k_{TC} = \frac{P_d}{P_p} = \frac{24}{22} = 1,091$$

- Množství TUV, které je možné ohřát tepelným čerpadlem

$$m_{TUV} = \frac{Q_{TUV}}{c_{vody} \times (t_{TUV} - T_{sv})} = \frac{2488,7}{4180 \times (50 - 8,7)} = 51,2 \text{ l.h}^{-1}$$

- Posouzení, zda-li je nutné ohřát část TUV jiným způsobem

$m_{JIN} = spot_{vody} \geq m_{TUV} \Rightarrow ANO$ ,  $30 \geq 14,4 \Rightarrow ANO$ , je nutné ohřát část TUV jiným způsobem



- Množství TUV, které je nutné ohřát jiným způsobem

$$m_{JIN} = spot_{vody} - m_{TUV} \Rightarrow 30 \geq 14,4 = 15,6 \text{ l}$$

- Výkon, který je nutný použít pro ohřev TUV jiným způsobem

$$Q_{JTUV} = c_{vody} \times m_{JIN} \times (t_{TUV} - T_{SV}) = 4,18 \times 15,6 \times (50 - 8,7) = 2695,3 \text{ W}$$

### 4.3. Schéma navrženého okruhu tepelného čerpadla

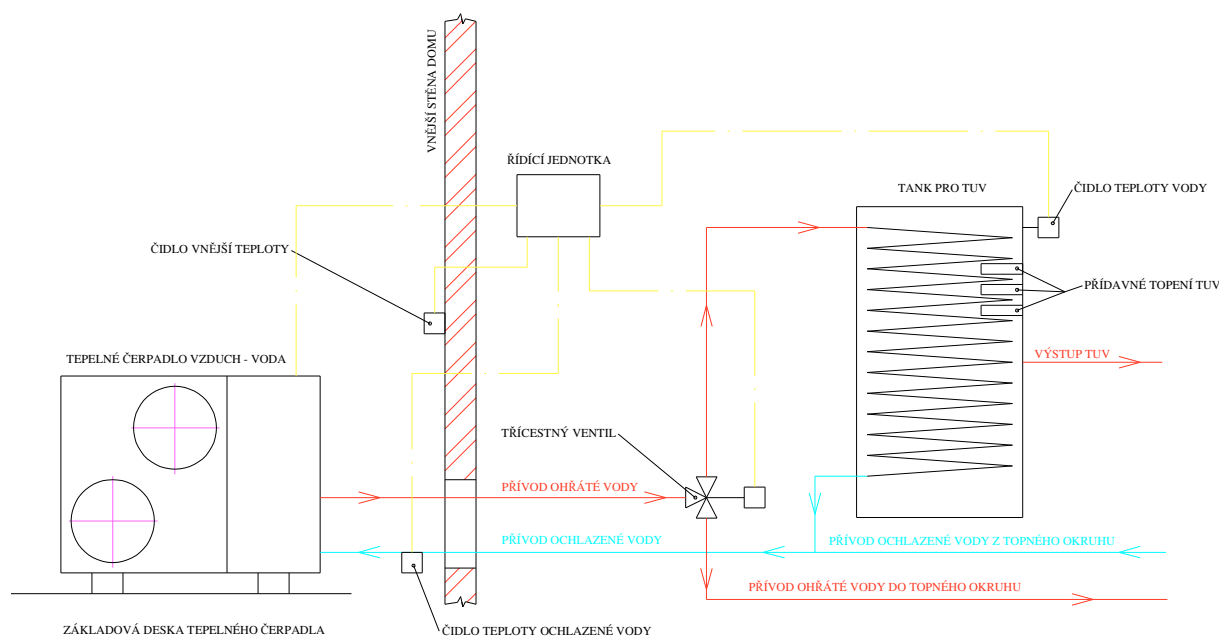


Schéma okruhu tepelného čerpadla vzduch – voda obr. 4.3.1.

### 4.4. Celkové výsledky výpočtu příkonu tepelného čerpadla

Jednotlivé výpočty a hodnocení byly provedeny v programu Microsoft Excel XP pro každou hodinu v roce. Výpočty a hodnocení jsou rozděleny do jednotlivých měsíců v roce. Výsledky výpočtů výkonu tepelného čerpadla s odmrzováním výparníku a výkonu tepelného čerpadla, který je možné použít pro ohřev TUV, byly sumarizovány a zprůměrovány do výsledné tabulky (viz. příloha č. 4). Z této tabulky byl zpracován sloupcový graf (viz. příloha č. 5), ve kterém je graficky znázorněn poměr mezi využitím tepelného čerpadla pro vytápění objektu a ohřev TUV. Výpočet příkonu tepelného čerpadla typu vzduch – voda byl zpracován interaktivně, je tedy možné změnit jakékoliv vstupní hodnoty nebo požadavky na tepelné čerpadlo a získat tak okamžité vyhodnocení výpočtů pro nově zadané hodnoty. Jednotlivé komponenty systému

tepelného čerpadla typu vzduch – voda jsou uvedeny v ekonomickém zhodnocení návratnosti v bodu 4.5 této diplomové práce.

#### 4.5. Ekonomická návratnost tepelného čerpadla

$$E_{NÁV} = \frac{I(+S_{DOTACE})}{C_{prim} - C_{ener} \times c_{el,kWh} - M_{Pel} \times 12}$$

Kde

I...Investice do tepelného čerpadla typu vzduch – voda [Kč]

S<sub>DOTACE</sub>...Státní dotace [Kč]

C<sub>prim</sub>...Cena za vytápění a ohřev TUV primárními zdroji energie [Kč]

C<sub>ener</sub>...Energie nutná k vytápění a ohřevu TUV [kWh/rok]

c<sub>el,kWh</sub>...Cena elektrické energie pro provoz tepelného čerpadla [Kč/ kWh]

M<sub>Pel</sub>...Měsíční paušál za odběr elektrické energie [Kč]

### EKONOMICKÁ NÁVRATNOST TEPELNÉHO ČERPADLA

Energie nutná pro vytápění a ohřev TUV	22772	kWh/ rok		
Cena systému tepelného čerpadla vzduch – voda				
Název komponentu	Počet kusů	Cena za kus	Cena celkem	Měna
Tepelné čerpadlo Mitsubshi PUHZ-RP60VHA4, sestava Power inverter s nerezovým bojlerem 200 l	1	159 000	159 000	Kč
Odkapní miska	1	7 500	7 500	Kč
Trubka měděná, 1 m	12	250	3 000	Kč
Izolace s ochranou povrchu (vnější použití), 2 m	1	970	970	Kč
Izolace běžná, 11 m	2	158	316	Kč
Drobný montážní a spojovací materiál	1	2 500	2 500	Kč
Stavební práce	1	10 000	10 000	Kč
Montážní práce	1	15 000	15 000	Kč
DPH	10%			
Cena	218 115			Kč

Cena vytápění a ohřevu TUV z primárních zdrojů energie			
Název	Cena za kWh	Cena celkem	Měna
Dřevo	0,99	22 544	Kč
Hnědé uhlí	1,05	23 911	Kč
Černé uhlí	1,36	30 970	Kč
Zemní plyn	1,56	35 524	Kč
Elektřina (elektrický ohřev TUV)	2,72	61 940	Kč

Měsíční paušální poplatek za elektrickou přípojku k tepelnému čerpadlu	-	336	Kč
Cena za el. energii pro tepelné čerpadlo	-	1,02	Kč/ kWh

Návratnost investice do TČ v porovnání s vytápěním dřevem	N	let
Návratnost investice do TČ v porovnání s vytápěním dřevem v případě státní dotace	N	let
Návratnost investice do TČ v porovnání s vytápěním hnědým uhlím	N	let
Návratnost investice do TČ v porovnání s vytápěním hnědým uhlím v případě státní dotace	N	let
Návratnost investice do TČ v porovnání s vytápěním černým uhlím	59	let
Návratnost investice do TČ v porovnání s vytápěním černým uhlím v případě státní dotace	45	let
Návratnost investice do TČ v porovnání se zemním plynem	26	let
Návratnost investice do TČ v porovnání se zemním plynem v případě státní dotace	20	let
Návratnost investice v porovnání s vytápěním elektřinou	6	let
Návratnost investice do TČ v porovnání s vytápěním elektřinou a státní dotací na TČ	5	let

Státní dotace pro instalaci TČ typu vzduch – voda	50 000	Kč
---	--------	----

N... Investice nemá návratnost, výdaje na instalaci a provoz systému jsou vyšší než u systému, se kterým je nový systém porovnáván.

Měsíční paušální poplatky za přípojky zemního plynu a elektrické energie jsou již zahrnuty v celkových cenách za vytápění a ohřev TUV.

## **5. Vytápění a ohřev TUV tepelným čerpadlem s podporou solárních kolektorů**

V současné době je znatelný trend možnosti využití kombinace různých zdrojů energií pro zajištění uživatelských potřeb jednotlivých objektů. Jedna z těchto možností je i kombinace tepelného čerpadla se solárními kolektory. Tato kombinace je z hlediska využití energie výhodná a zejména je velmi hospodárná z pohledu finančních nároků na provoz tohoto systému. Kombinací těchto dvou zdrojů energií z alternativních zdrojů získáme TUV a topnou vodu do okruhu ústředního vytápění objektu z tepelného čerpadla, které odebírá elektrický proud z rozvodné sítě pouze tehdy, pokud solární systém není schopen aktuálně dodat požadované množství energie do systému. U této kombinace pro vytápění a ohřev TUV využíváme primárně sluneční energii (tzv. „energii zadarmo“), kterou využíváme v solárních kolektorech pro ohřev solárního média, které jej předá v akumulární nádobě vodě pro vytápění a TUV. Pouze v případě nedostatku této energie využijeme dodávku tepelné energie z tepelného čerpadla. Kombinovat můžeme i další zdroje energie, např. kotel na biomasu se solárními panely, kondenzační kotel nebo krbovou vložku se solárními panely atd.

### **5.1. Výpočet kombinace tepelného čerpadla se solárními kolektory**

Jelikož jsou do této fáze řešeny solární okruh a okruh tepelného čerpadla pro vytápění a ohřev TUV separátně, nabízí se zde možnost provést kombinaci těchto dvou systémů a následně je ekonomicky zhodnotit. Pro výpočet sezónní spotřeby tepla jsou využity již vypočítané hodnoty u jednotlivých systémů a jsou vzájemně zkombinovány pro jednotlivé měsíce v roce.

Výpočet byl proveden v programu Microsoft Excel XP (viz. příloha č. 6). Z výsledku výpočtu je patrná úspora nákladů na provoz tepelného čerpadla, které je podporováno solárním systémem pro ohřev TUV a podporu vytápění.

## 5.2. Ekonomická návratnost tepelného čerpadla s podporou vytápění a ohřevu TUV solárními kolektory

$$E_{NÁV} = \frac{I(+S_{DOTACE})}{C_{prim} - C_{ener} \times c_{el,kWh} - M_{Pel} \times 12}$$

Kde

I...Investice do tepelného čerpadla typu vzduch – voda a solárního systému [Kč]

S<sub>DOTACE</sub>...Státní dotace [Kč]

C<sub>prim</sub>...Cena za vytápění a ohřev TUV primárními zdroji energie [Kč]

C<sub>ener</sub>...Energie nutná k vytápění s podporou solárními kolektory + ohřev TUV [kWh/ rok]

c<sub>el,kWh</sub>...Cena elektrické energie pro provoz tepelného a oběhového čerpadla [Kč/ kWh]

M<sub>Pel</sub>...Měsíční paušál za odběr elektrické energie [Kč]

### Ekonomická návratnost tepelného čerpadla s podporou solárním systémem

Využitelná energie ze solárního systému pro ohřátí TUV	2466	kWh/ rok
Celková energie pro ohřev TUV za rok	3002	kWh/ rok
Energie nutná pro ohřátí TUV – podpora solárního systému	536	kWh/ rok
Celková energie nutná pro vytápění a ohřev TUV TČ	22772	kWh/ rok

Cena systému solárních kolektorů				
Název komponentu	Počet kusů	Cena za kus	Cena celkem	Měna
Sluneční kolektor KTU 10	4	14 990	59 960	Kč
Sada upevňovací a propojovací pro 4 kolektory KTU 10	1	4 950	4 950	Kč
Odvzdušňovací ventil s nerez. plovákem	1	569	569	Kč
Solar tank PSK750	1	57 800	57 800	Kč
Čerpadlová jednotka PSKR	1	16 575	16 575	Kč
Trubka měděná, 1 m	18	191	3 438	Kč
Izolace s ochranou povrchu (vnější použití), 2 m	2	970	1 940	Kč
Izolace běžná, 11 m	2	158	316	Kč
Drobný montážní a spojovací materiál	1	2 500	2 500	Kč

Solaren 1 l	15	75	1 125	Kč
Montážní práce	1	15 000	15 000	Kč
DPH	10%			
<b>Cena</b>			<b>180 590</b>	Kč

Cena systému tepelného čerpadla vzduch – voda				
Název komponentu	Počet kusů	Cena za kus	Cena celkem	Měna
Tepelné čerpadlo Mitsubshi PUHZ-RP60VHA4, sestava Power inverter light	1	139 000	139 000	Kč
Odkapní miska	1	7 500	7 500	Kč
Trubka měděná, 1 m	8	250	2 000	Kč
Izolace s ochranou povrchu (vnější použití), 2 m	1	970	970	Kč
Izolace běžná, 11 m	1	158	158	Kč
Drobný montážní a spojovací materiál	1	2 500	2 500	Kč
Stavební práce	1	10 000	10 000	Kč
Montážní práce	1	15 000	15 000	Kč
DPH	10%			
<b>Cena</b>			<b>194 841</b>	Kč

Elektrický příkon čerpadla solárního okruhu	81,72	kWh
---	-------	-----

Cena vytápění a ohřevu TUV z primárních zdrojů energie			
Název	Cena za kWh	Cena celkem	Měna
Zemní plyn	1,56	35 524	Kč
Elektřina (elektrický ohřev)	2,72	61 940	Kč
Elektrická energie pro TČ	1,02	23 227	Kč
Měsíční paušální poplatek za elektrickou přípojku k tepelnému čerpadlu	-	336	Kč

Návratnost investice v porovnání se zemním plynem	33	let
Návratnost investice v porovnání se zemním plynem v případě státní dotace	26	let
Návratnost investice v porovnání s elektřinou (elektrický ohřev TUV)	10	let
Návratnost investice v porovnání se zemním plynem v případě státní dotace	8	let

Státní dotace na tepelné čerpadlo s podporou vytápění solárními panely	80 000	Kč
--	--------	----

## 6. Environmentální zhodnocení

V dnešní době je kladen důraz na kvalitu životního prostředí. V úvodní části této diplomové práce bylo jako jeden z důvodů zmiňováno využívání alternativních zdrojů energie k omezování vypouštění škodlivých látek do ovzduší, které vznikají při spalování fosilních paliv. Pro výrobu elektrické a tepelné energie je využíváno zejména spalování uhlí v uhelných elektrárnách a teplárnách při němž vznikají škodlivé látky, výjimku tvoří využívání jaderné energie.

Níže je porovnána produkce emisí spalování zemního plynu s emisemi tepelného čerpadla pro vypočtenou roční spotřebu tepla a TUV v řešeném domě.

Při výpočtu množství znečišťujících látek jsou využívány hodnoty emisních faktorů, které jsou součástí vyhlášky č. 425/2004 Sb. U kotle na spalování zemního plynu jsou vybrány hodnoty platné pro zdroje do 0,2 MW svého výkonu.

Emisní faktory						
Typ zdroje emisí	Tuhá látka	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Org. látky	CO <sub>2</sub>
Elektrická energie	0,02591 kg·GJ <sup>-1</sup>	0,489376 kg·GJ <sup>-1</sup>	0,415698 kg·GJ <sup>-1</sup>	0,0393 kg·GJ <sup>-1</sup>	0,03086 kg·GJ <sup>-1</sup>	325 kg·GJ <sup>-1</sup>
Zemní plyn	20 kg·10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup>	9,6 kg·10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup>	1600 kg·10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup>	320 kg·10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup>	64 kg·10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup>	200 kg·MWh <sup>-1</sup>

Spotřeba tepla za celé otopné období    19,464 MW·rok<sup>-1</sup> = 70,1 GJ

Spotřeba elektrické energie TČ            6491 kWh = 23,4 GJ

Spotřeba zemního plynu                    24291 kWh = 2313 m<sup>3</sup>

Udávané hodnoty znečištění jednotlivými látkami za celý rok [kg]						
Zdroje tepelné energie	Tuhá látka [kg]	SO <sub>2</sub> [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	CO [kg]	Org. Látky [kg]	CO <sub>2</sub> [kg]
Tepelné čerpadlo	0,899	16,98	14,42	1,36	1,07	11522,2
Zemní plyn	0,08	0,04	6,1	1,2	0,25	8017,6
Rozdíl	0,891	16,94	8,32	0,16	0,82	3504,6

Tepelným čerpadlem v tabulce udávaných hodnot se rozumí množství znečišťujících látek vypouštěných uhelnou elektrárnou nebo teplárnou při výrobě elektrické energie. Hodnota „zemní plyn“ udává hodnoty vypouštěné při spalování zemního plynu za celý rok. Rozdíl udává hodnoty, které ukazují, o kolik kilogramů více znečišťujících látek se vypustí z elektrárny nebo teplárny při používání tepelného čerpadla v porovnání se spalováním zemního plynu.



## 7. Závěr

Účelem této diplomové práce bylo navrhnout systém vytápění a přípravy TUV pro určený rodinný dům s využitím termosolárních kolektorů a tepelného čerpadla. Úkolem, který je v této diplomové práci také řešen je, aby systém termosolárních kolektorů byl schopen zajistit nejenom požadované množství TUV, ale také podporovat vytápěcí systém domu.

Před započítáním samotného návrhu systému vytápění a přípravy TUV, bylo nutné vypočítat tepelné ztráty objektu a na základě jeho využívání stanovit denní spotřebu TUV. Jelikož se jedná o novostavbu, která je zhotovena z moderních stavebních a izolačních materiálů, nebylo nutné navrhnout další opatření, která by snížila celkovou tepelnou ztrátu objektu.

Pro výše uvedený účel návrhu kombinovaného systému vytápění a přípravy TUV byly zvoleny trubicové termosolární kolektory KTU 10 fy. Regulus a tepelné čerpadlo typu vzduch/voda fy. Mitsubishi.

Výkon tepelného čerpadla byl dimenzován na pokrytí 70% tepelných ztrát objektu a solární systém byl dimenzován na denní ohřev 165 l TUV. Solární systém je zároveň dimenzován tak, aby plně pokryl spotřebu TUV od března do října. Přebytky energie ze solárního systému jsou pak využívány pro podporu vytápění objektu. TUV je shromažďována v solartanku PSK 750 fy. Solarpower, který umožňuje využít přebytky energie ze solárního systému pro podporu vytápění. V případě nedostatku energie ze solárního systému pro ohřev TUV je využíván zbytkový výkon tepelného čerpadla. Pokud není možné využít zbytkový výkon tepelného čerpadla pro ohřev TUV (tepelné čerpadlo je funkční na 100% svého výkonu), je ohřev TUV zajištěn elektrospirálou, která je součástí solartanku. Bivalentní bod tepelného čerpadla je při teplotě -5 °C. V případě, že je výkon tepelného čerpadla nedostatečný, je využíváno elektrokotle, který je součástí sestavy tepelného čerpadla.

V řešeném objektu je instalován krb s krbovou vložkou. Tento krb není zahrnut do celkového hodnocení a je brán jako záložní zdroj tepla v případě dlouhodobého výpadku přívodu elektrické energie pro tepelné a oběhové čerpadlo.

Součástí této diplomové práce je také ekonomické zhodnocení obou navrhovaných systémů a jejich kombinace. Při respektování současných cen energií je návratnost investice za solární systém v porovnání se zemním plynem 41 let, což se dá vzhledem k životnosti solárního systému

považovat za investici nerentabilní. V případě porovnávání investice za solární systém s elektrickým ohřevem TUV je návratnost 23 let, což stále není nejefektivnější zhodnocení investičních nákladů. Současná legislativa ČR však umožňuje využití státní dotace „Zelená úsporám“, která výrazně zkracuje dobu návratnosti investice do solárního systému pro přípravu TUV a podporu vytápění.

Návratnost investice do tepelného čerpadla systému vzduch/ voda je v porovnání s tuhými palivy prakticky nulová. V případě porovnávání se zemním plynem je návratnost investičních nákladů v řádu 26 let a v případě porovnávání s elektrickými přímotopy je návratnost investice 6 let. Systém tepelného čerpadla však umožňuje na rozdíl od systémů na tuhá paliva bezobslužný provoz a plynulou regulaci teploty v průběhu dne. Tento bezobslužný a pro obyvatele objektu nenáročný a pohodlný provoz vytápěcího systému je bezesporu jedna z velkých výhod. I v případě tepelného čerpadla lze využít státní dotaci „Zelená úsporám“.

U kombinace solárního systému s tepelným čerpadlem je návratnost investice v porovnání se zemním plynem 33 let a v porovnání s elektrickým přímotopem 10 let. Opět lze využít státní dotaci „Zelená úsporám“ a snížit tak návratnost investice o několik let.

## 8. Seznam použité literatury

- [1] KAMINSKÝ, J.; VRTEK, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 102 s.  
ISBN 80-7078-445-8
- [2] REMMERS, K.-H. *Velká solární zařízení*. Brno: ERA group, 2007. 315 s.  
ISBN 978-80-7366-110-6
- [3] CIHELKA, J. *Solární tepelná technika*. Praha: Malina, 1994, 203 s.  
ISBN 80-900759-5-9
- [4] DVOŘÁK Z., KLAZAR L., PETRÁK J. *Tepelná čerpadla*. Vyd. 1. Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1987. 339 s.
- [5] HUMM, O. *Nízkoenergetické domy*. Praha : Grada, 1999. 353 s.  
ISBN 80-7169-657-9
- [6] TURNER, W., C. *Energy Managment Handbook*. 3. vyd. Lilburn : The Fairmont Press, Inc., 1997. 400 s.  
ISBN: 0-13-728098-X.
- [7] SMOLÍK, J. *Technika prostředí*. Praha : SNTL/ ALFA, 1985. 317 s.
- [8] [www.regulus.cz](http://www.regulus.cz), <http://www.regulus.cz/vakuove-trubicove-kolektory-ktu.html>
- [9] [www.solarpower.cz](http://www.solarpower.cz), <http://www.solarpower.cz/default.asp?p=nadrze>
- [10] [www.termowatt.cz](http://www.termowatt.cz), <http://www.termowatt.cz/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-zakladni-informace.aspx>
- [11] [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz), <http://energie.tzb-info.cz/solarni-kolektory>, <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>, <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/269-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>
- [12] [www.wilo.cz](http://www.wilo.cz), <http://www.wilo.cz/cps/rde/xchg/cz-cs/layout.xsl/1028.htm>
- [13] [www.cerpadla-ivt.cz](http://www.cerpadla-ivt.cz), <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/ivt-air-vzduch-voda>
- [14] [www.topimecerpadlem.cz](http://www.topimecerpadlem.cz), <http://www.topimecerpadlem.cz/tepelna-cerpadla/produkty/mitsubishi-power-inventer/>
- [15] ČSN 060210, Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění
- [16] ČSN 730540 - 2, 2005 - Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky
- [17] ČSN 730540 - 3, 2005 - Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin

## **9. Seznam příloh**

Příloha č. 1 – Výkres domu (2 listy)

Příloha č. 2 – Výsledky výpočtu solárního systému

Příloha č. 3 – Graf výpočtu solárního systému

Příloha č. 4 – Výsledky výpočtu tepelného čerpadla

Příloha č. 5 – Graf výpočtu tepelného čerpadla

Příloha č. 6 – Výsledky výpočtu tepelného čerpadla s podporou vytápění solárním systémem

Příloha č. 7 – Dispoziční výkres systému tepelného čerpadla a solárních kolektorů

Příloha č. 8 – Technický list solárního kolektoru KTU10